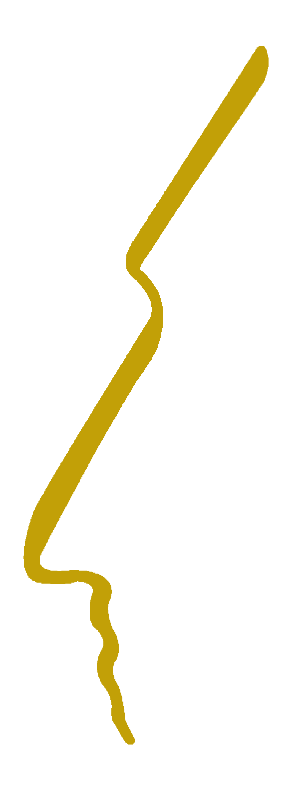


National Academy for
Science & Skills

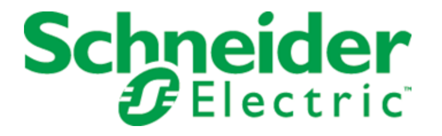
Engineering Square Industrial Park، North Extensions of Industrial
Zones،6th of October City، Giza، Egypt
Phone: +(202) 38642064 Fax: +(202) 38642064
E-Mail: info@nassacademy.com Web: www.nassacademy.com



3112Classic Control

Electrical Systems Program



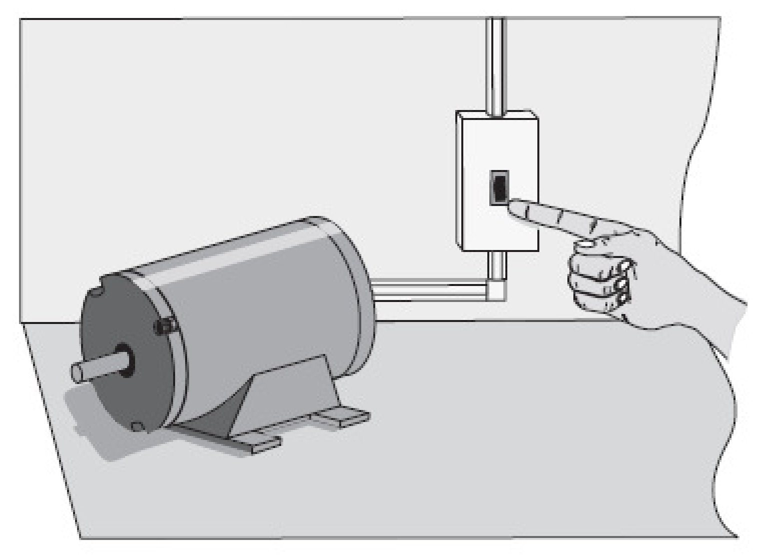


Handouts

قائمة المحتويات

١. المفاهيم والرموز الخاصة بمبادئ التحكم:

بالاشارة إلى العمليات الصناعية المختلفة فإن كلمة " تحكم " هى مفهوم عام يشمل كل المكونات التى قد تمتد من مفتاح التشغيل وحتى أكثر الأنظمة تعقيدا
يعتبر نظام التحكم يدوى التشغيل عندما يحتاج لتدخل من شخص ما ليقوم بفعل يؤدى لتشغيل الدائرة. فمثلا عندما يحتاج النظام لشخص ما ليضغط على مفتاح تشغيل الموتور (تشغيل/ ايقاف)



شكل ١ تشغيل/ ايقاف موتور

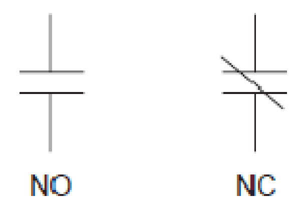
وبرغم من أن نظم التشغيل اليدوية منتشرة في عالم الصناعة إلا أن كثير من الماكينات يتم تشغيلها أوتوماتيكيا أو باستخدام نظام مختلط بين اليدوى والأوتوماتيكي. فمثلا قد يتم تشغيل ماكينة ما بشكل يدوى عن طريق مفتاح تشغيل مع امكانية ايقافها أوتوماتيكيا عند حدوث ظرف معين.

١.١. مكونات أنظمة التحكم:

مكونات أنظمة التحكم موجودة في الدوائر التى تتعلق بتشغيل المواتير وكذلك مختلف الأجهزة. هناك مكونات عديدة التى قد تستخدم للتشغيل/ الايقاف / الحماية / الاستشعار / المتابعة / التواصل.
قبل أن ندرس مكونات أنظمة التحكم المختلفة يجب اولا فهم بعض الرموز.
العديد من الأجهزة تحتاج لنقاط تحكم في تدفق التيار الكهربى لبقية مكونات دائرة التحكم. نقطة التحكم قد تكون:

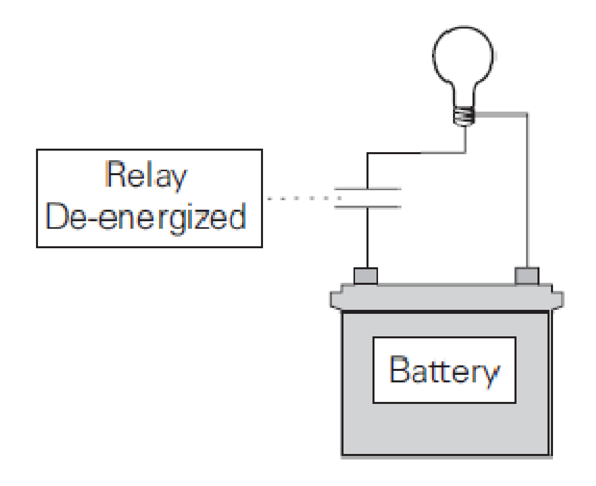
١- مفتوحة: حالة تمنع مرور التيار الكهربى
٢- مغلقة: حالة تسمح بمرور التيار الكهربى

مخططات التحكم لا تظهر الحركة الديناميكية (من مفتوح إلى مغلق والعكس) ولكن تظهر نقطة التحكم في وضعها الطبيعي بدون تأثيرات (مفتوحة NO أو مغلقة NC)



شكل ٢ الوضع الطبيعي (مفتوح/ مغلق)

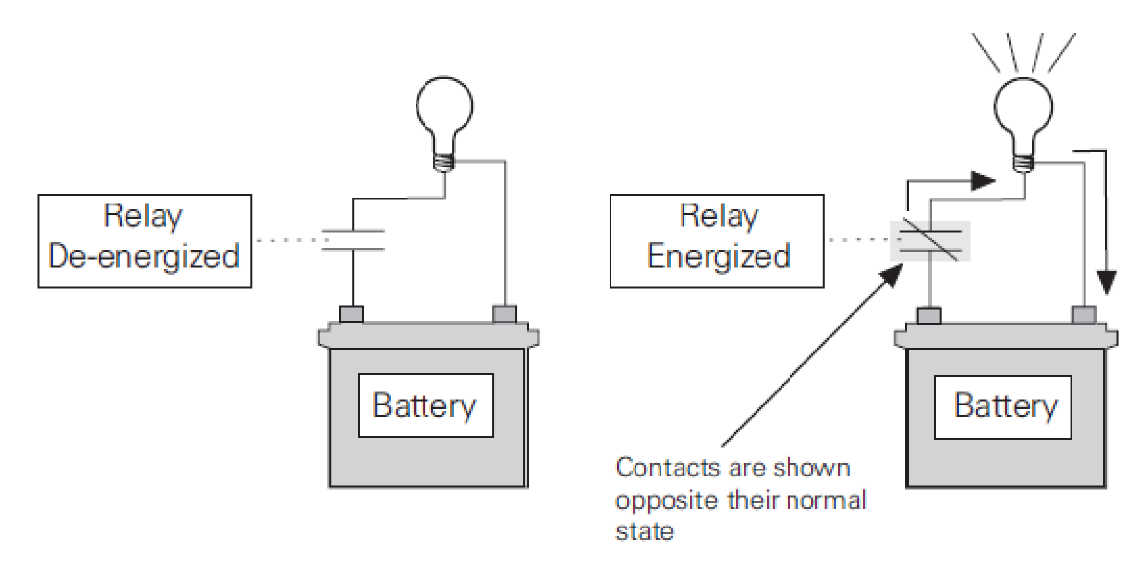
كمثال على الوضع الطبيعي (Normal state) (بدون أى تأثيرات): في الصورة التالية نقاط التحكم هي جزء من الريلاى. عندما لا يكون هناك تيار في ملف الريلاى، تكون نقاط التحكم مفتوحة وبهذا لا يمر تيار إلى اللمبة.



شكل٣ لا يمر تيار إلى اللمبة

١.١.١.مثال على نقاط التحكم المفتوحة فى الوضع الطبيعي:

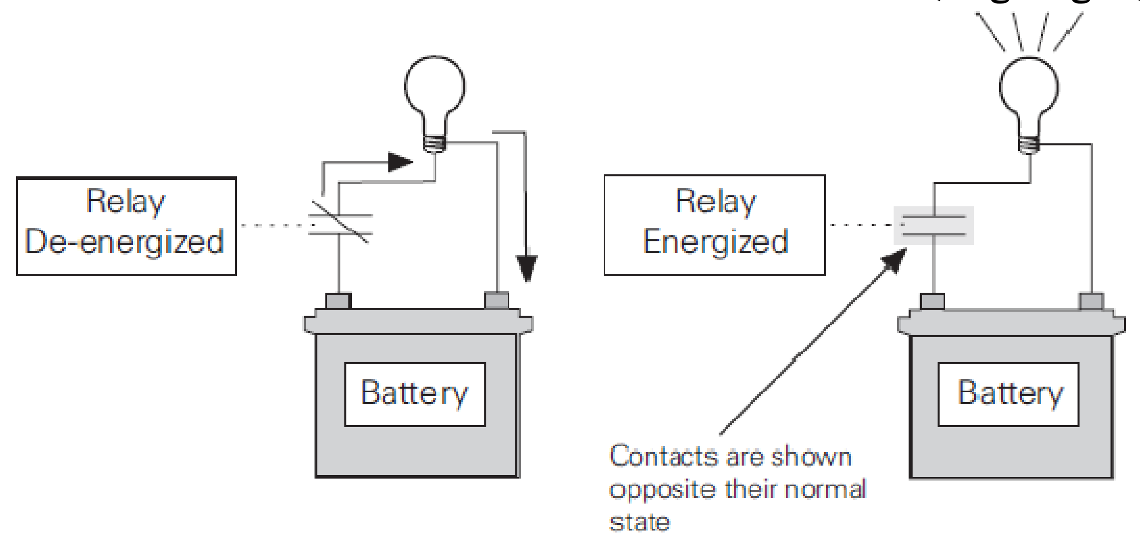
من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) أى أن الريلاى لا يعمل وفيها تكون نقاط التحكم مفتوحة (لا تعمل). عندما يكون الريلاى في وضع العمل تغلق نقاط التحكم وبالتالى يكتمل مسار التيار الكهربى وينير اللمبة.



شكل ٤ وضع التشغيل/ الايقاف ونقاط التحكم تظهر بوضع معكوس عن الطبيعي المفتوح

١.١.٢.مثال على نقاط التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) أى أن الريلاى لا يعمل وفيها تكون نقاط التحكم مغلقة (تعمل) وهنا يكون مسار التيار الكهربى مكتمل واللمبة منيرة. عندما يكون الريلاى في وضع العمل تفتح نقاط التحكم وبالتالى تنطفئ اللمبة.

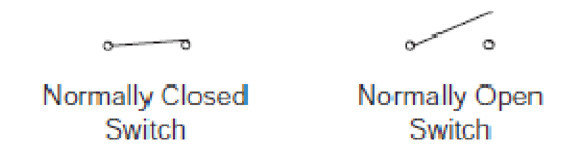


شكل ٥وضع التشغيل/ الايقاف ونقاط التحكم تظهر بوضع معكوس عن الطبيعي المغلق



٢. رموز المفاتيح:

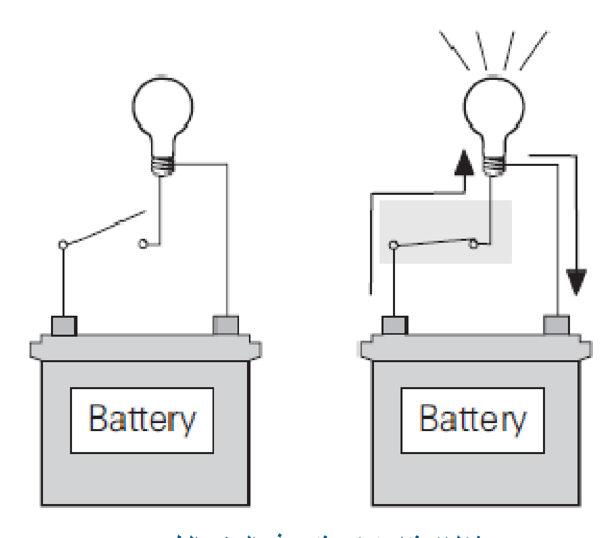
هناك أنواع مختلفة من المفاتيح التى قد تستخدم في دوائر التحكم. مثلما ناقشنا من قبل قد تكون المفاتيح مفتوحة أو مغلقة في الوضع الطبيعي وكذلك قد تحتاج إلى جهاز آخر أو فعل خارجى ليغير من حالته. في حالة المفتاح اليدوى يجب أن يغير شخص ما وضع المفتاح وإلا أعتبر في وضعه الطبيعي إما مغلق أو مفتوح. رموز المفاتيح كالموجودة بالرسم التالى تستخدم أيضا لتوضيح إذا كان مسار التيار الكهربى مغلق/ مفتوح.



شكل٦ مفاتيح التشغيل

٢.١ مثال على مفاتيح التحكم المفتوحة فى الوضع الطبيعي:

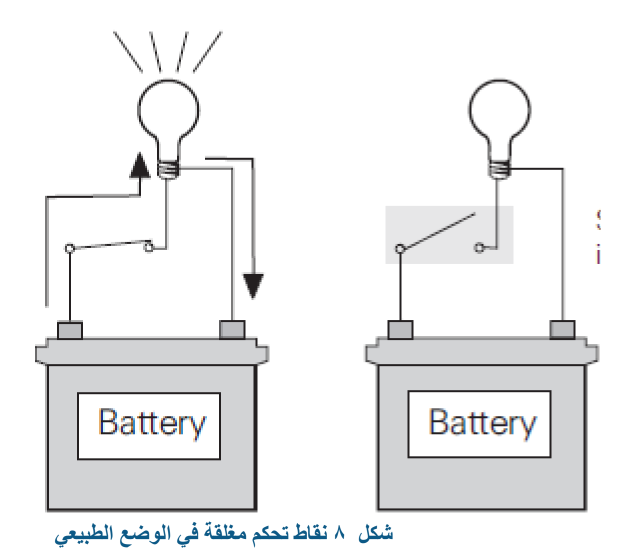
من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفى مفتاح التحكم المفتوح في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عندما يكون المفتاح مفتوح لا يمر التيار الكهربى إلى اللمبة. إذا أغلق شخص ما المفتاح يكتمل مسار التيار الكهربى وينير اللمبة.



شكل٧ مفتاح تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

٢.٢ مثال على مفاتيح التحكم المغلقة فى الوضع الطبيعي:

من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفى مفتاح التحكم المغلق في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عندما يكون المفتاح مغلق يمر التيار الكهربى إلى اللمبة. إذا فتح شخص ما المفتاح ينقطع مسار التيار الكهربى وتنطفئ اللمبة.

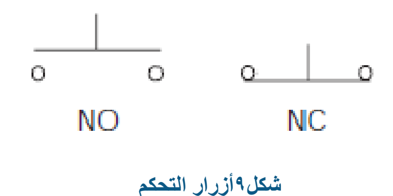


شكل ٨ نقاط تحكم مغلقة في الوضع الطبيعي



٣. رموز أزرار التحكم:

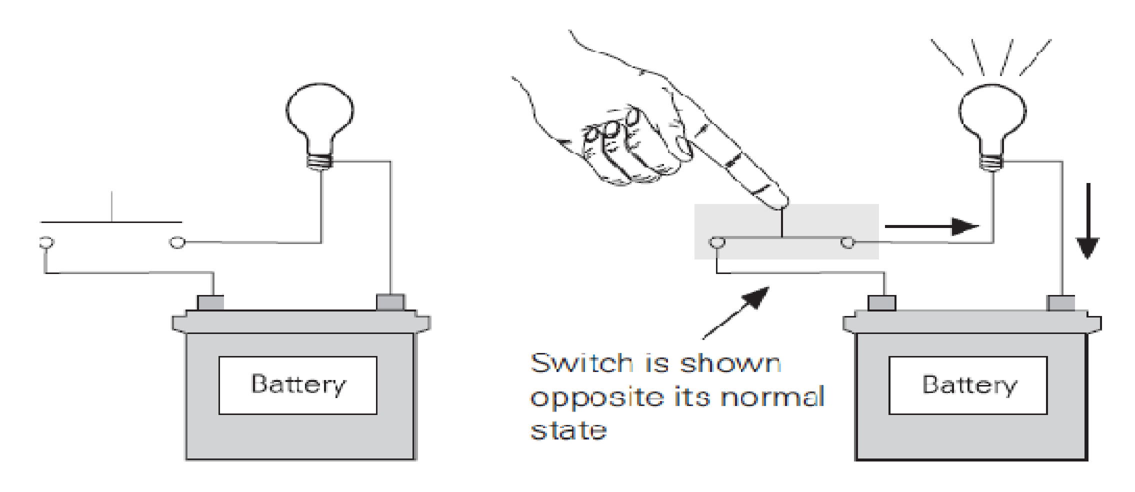
هناك نوعين من أزرار التحكم التى تستخدم غالبا في أنظمة التحكم وهما اللحظى والثابت. نقاط التحكم في زر التحكم اللحظى تغير حالتها من مفتوح/ مغلق والعكس عندما يتم ضغط الزر وتعود لحالتها الطبيعية بمجرد زوال الضغط على الزر. بينما في حالة زر التحكم الثابت فإنه يحتفظ بحالته عند زوال الضغط ويجب إضافة عنصر تحكم يسمى (زوال الإحتفاظ بالحالة) لإعادته لحالته الطبيعية.



شكل٩أزرار التحكم

٣.١ مثال على أزرار التحكم المفتوحة فى الوضع الطبيعى:

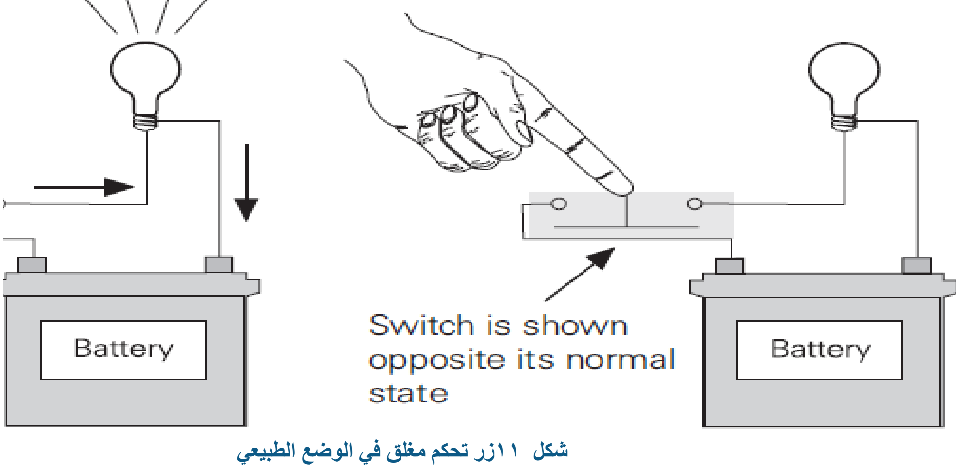
من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفى زر التحكم المفتوح في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عند ضغط الزر يمر التيار الكهربى وينير اللمبة.



شكل ١٠ زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

٣.٢ مثال على أزرار التحكم المغلقة فى الوضع الطبيعى:

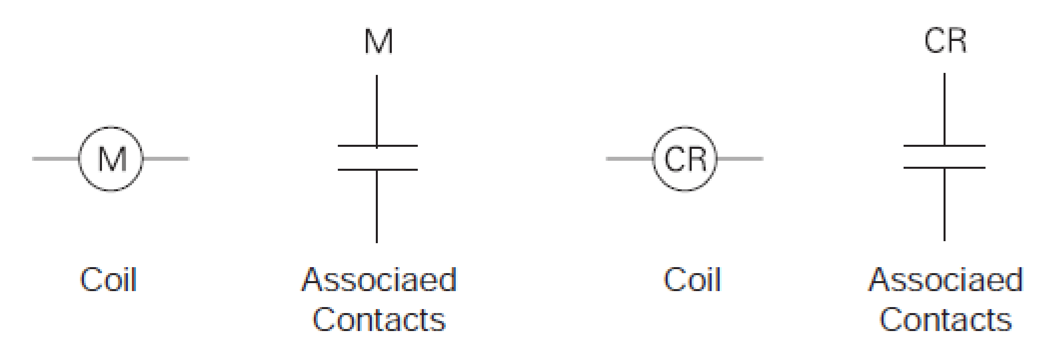
من الرسم التالى يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها يمر التيار إلى اللمبة طالما لم يضغط أحد على زر التحكم. إذا تم ضغط الزر ينقطع مسار التيار الكهربى وتنطفئ اللمبة.



شكل ١١زر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي

٤. رموز الملفات:

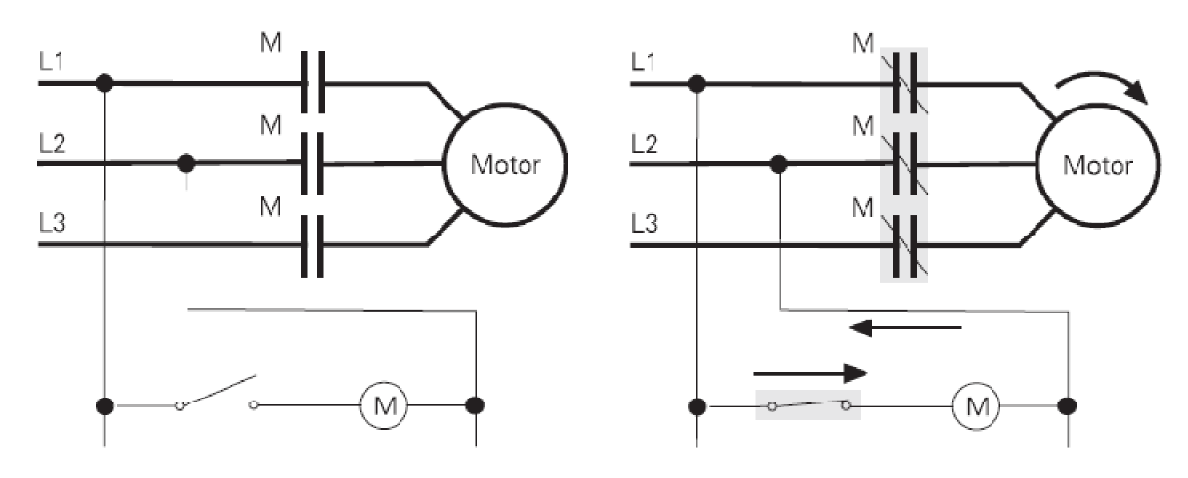
بادئ التيار للموتور، الكونتاكتور والريلاى هى أمثلة لأجهزة تستخدم لفتح وغلق نقاط التحكم بصورة كهرومغناطيسية. والجزء الذي يقوم بهذه العملية هو الملف. ويرمز للملف غالبا بدائرة وبداخلها حرف أو أكثر وقد يكتب بداخل الدائرة رقم. تمثل الحروف داخل رمز الدائرة نوع الجهاز فمثلا حرف (M) يمثل بدئ تيار الموتور وكذلك (CR) يمثل ريلاى التحكم. وعادة يضاف رقم للحرف للتفرقة بين الأجهزة (موتور ١، موتور ٢، ...)
نقاط التحكم التى يتم التحكم بها بواسطة الملف يكتب عليها نفس الحرف والرقم (في حالة استخدام رقم مع الحرف) المكتوب على الملف ليكون من السهل معرفة أى من نقاط التحكم يتم التحكم بها بواسطة أى من الملفات. يتحكم الملف غالبا بعدد من نقاط التحكم التى قد تكون مغلقة/ مفتوحة في الوضع الطبيعي.



شكل١٢ رموز الملفات

٤.١. أمثلة على الملفات ونقاط التحكم:

في المثال التالى: نقاط التحكم المرموزة (M) تم توصيلها على التوالى مع الموتور ويتم التحكم بها عن طريق ملف الكونتاكتور المرموز (M) أيضا. إذا أغلق شخص ما المفتاح يمر التيار الكهربى من خلال المفتاح وملف الكونتاكتور (M). ملف الكونتاكتور (M) يقوم باغلاق نقاط التحكم (M) ويمر التيار الكهربى إلى الموتور.



شكل١٣ مثال على التحكم في موتور باستخدام نقاط التحكم

٤.٢. رمز الأوفرلود ريلاي

الأوفرلود ريلاي يستخدم لحماية المواتير من أرتفاع درجة الحرارة عن الحد المسموح به. عندما يتم سحب تيار كهربى أكثر من المتوقع خلال مدة زمنية معينة تفتح نقاط التحكم الخاصة بالأوفرلود ريلاي وبالتالى تمنع وصول التيار الكهربى للموتور. الرسم التالى يوضح نقاط التحكم التى غالبا ما تستخدم مع الأوفرلود ريلاي الحرارى. الأوفرلود ريلاي المستخدم مع المواتير (٣ فازات) لها عدد (٣) مجموعات من نقاط التحكم بحيث تكون كل مجموعة خاصة بكل فازة.

اطراف التوصيل مع الكونتاكتور
الاوفرلود
SIEMENS
3RU
ايقاف اضطرارى
اختيار اعادة التشغيل reset اوتوماتيكى او يدوى
اطراف الخرج والتحكم
تحديد قيمة تيار الاوفرلود
مبين حدوث اوفرلود واختبارعمل الافرلود
Thermal Overload

شكل ١٤ الأوفرلود

٤.٣. رموز الإضاءة

غالبا ما يرمز له بالاضاءة المبينة indicator أو باضاءة إشارة التحكم Pilot وهى عبارة عن مقدار صغير جدا من الضوء الكهربى وتستخدم لبيان حالة الدائرة الكهربية. مثلا الضوء الأحمر قد يستخدم لبيان أن الموتور يعمل. وقد يكتب حرف بداخل الدائرة الخاصة برمز الإضاءة المبينة لبيان لون/ نوع الإضاءة.





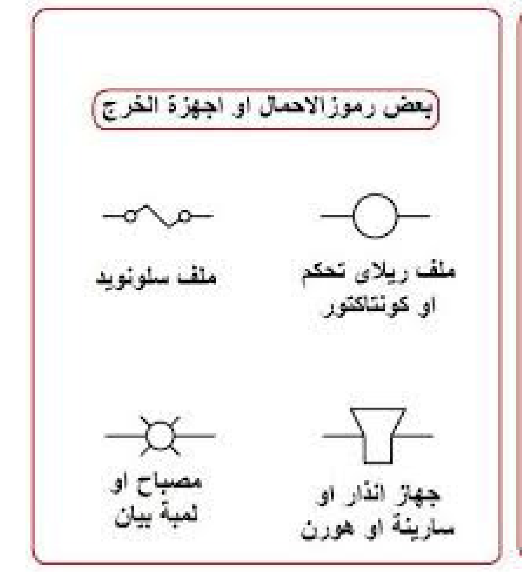
Red Indicator Light   Amber Indicator Light

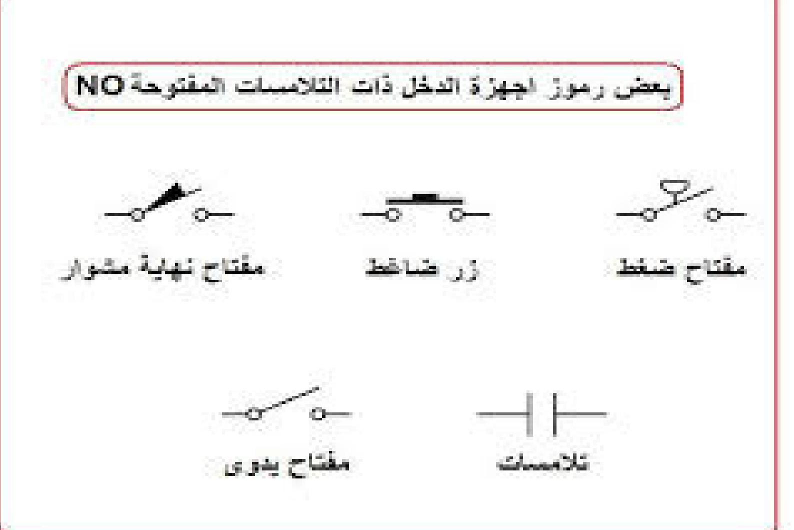
شكل ١٥ أمثلة على رموز الاضاءة

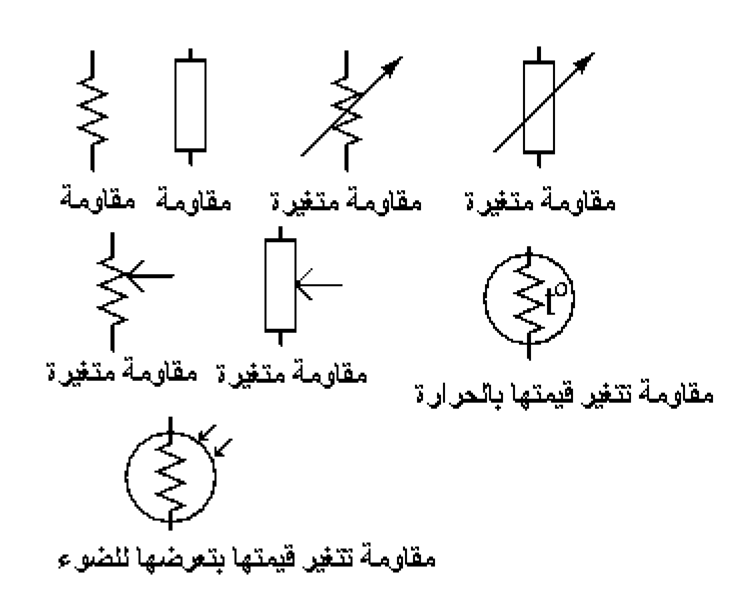
٤.٤ رموز أخرى:

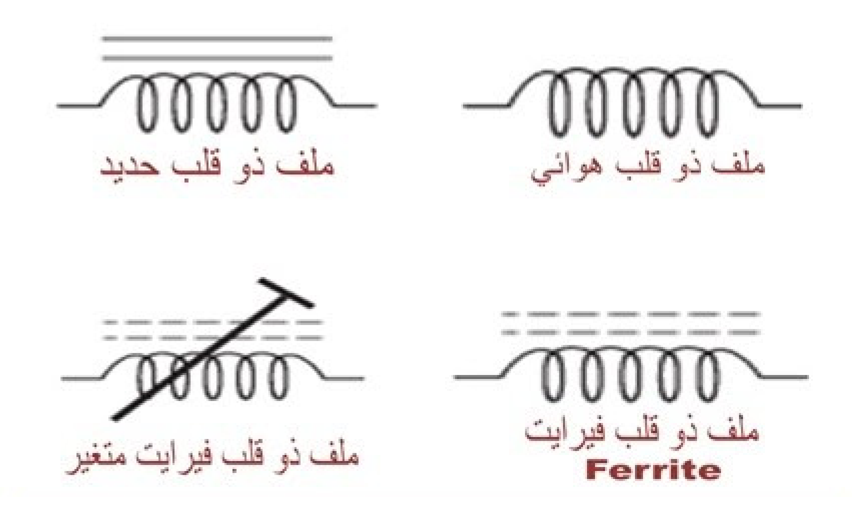
بالإضافة للرموز التى سبق دراستها هناك العديد من الرموز المستخدمة في أنظمة التحكم المختلفة. أنظر الشكل التالى لبيان اختلافها.

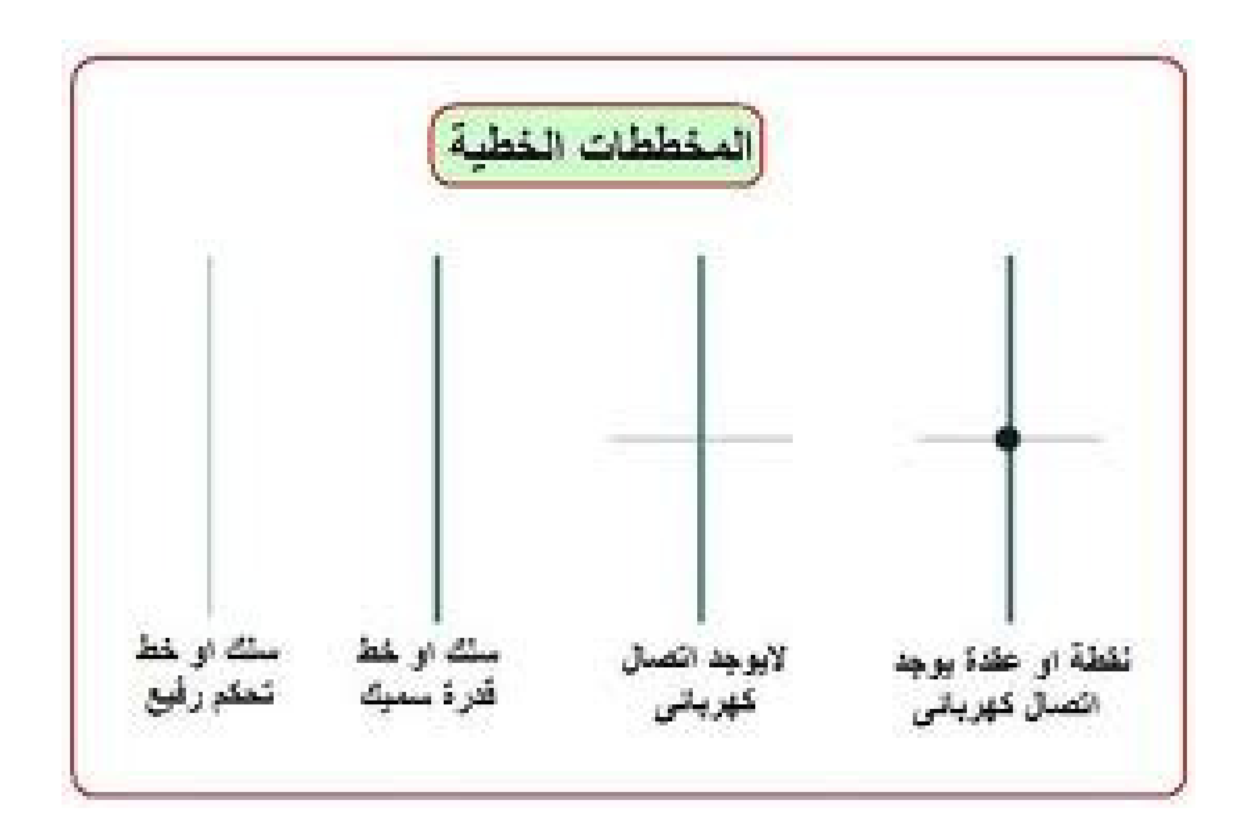


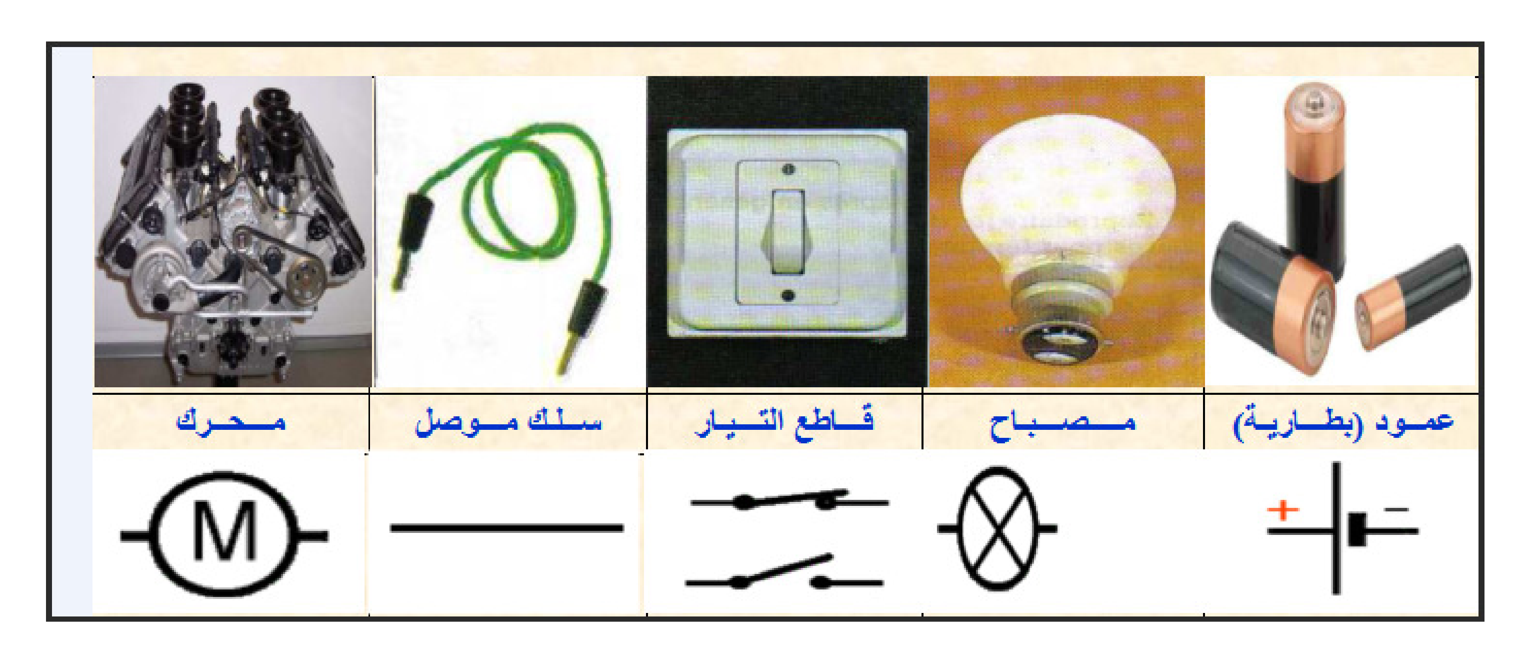





مقاومة
مقاومة
مقاومة متغيرة
مقاومة متغيرة
مقاومة متغيرة
مقاومة متغيرة
مقاومة تتغير قيمتها بالحرارة
مقاومة تتغير قيمتها بتعرضها للضوء


ملف ذو قلب حديد
ملف ذو قلب هوائي
ملف ذو قلب فيرايت متغير
ملف ذو قلب فيرايت
Ferrite


المخططات الخطية
سلك او خط تحكم رفيع
سلك او خط قدرة سميك
لايوجد اتصال كهربائي
نقطة او عقدة يوجد اتصال كهربائي


محرك
سلك موصل
قاطع التيار
مصباح
عمود (بطارية)
M

الرموز والمصطلحات المستخدمة فى مجال الهندسة الكهربية

الرمز	الرسم التخطيطى	الأسم
	P—— + N—— −	تيار مستمر
		تيار متغير
		دائرة من سلكين
		دائرة من ثلاثة أسلاك
	L1 L2 L3 N	دائرة من ثلاثة أسلاك و سلك حياد
2 × 25		دائرة من سلكين مقاس ٢ × ٢٥ مم٢
2 × 25 2 × 1.6		دائرة من أربعة أسلاك مقاس ٢ ×٢,٥مم٢ " ٢×١,٦مم٢

الرمز	الأسم
	موصل غير ثابت (متحرك)
	موصل ممدود تحت الأرض (كابل)
	موصل فوق الأرض محمول على أعمدة
	موصل على الحائط (على البياض)
	موصل داخل الحائط
	موصل داخل الحائط (تحت البياض)
	موصل ممدود على زلاتورى

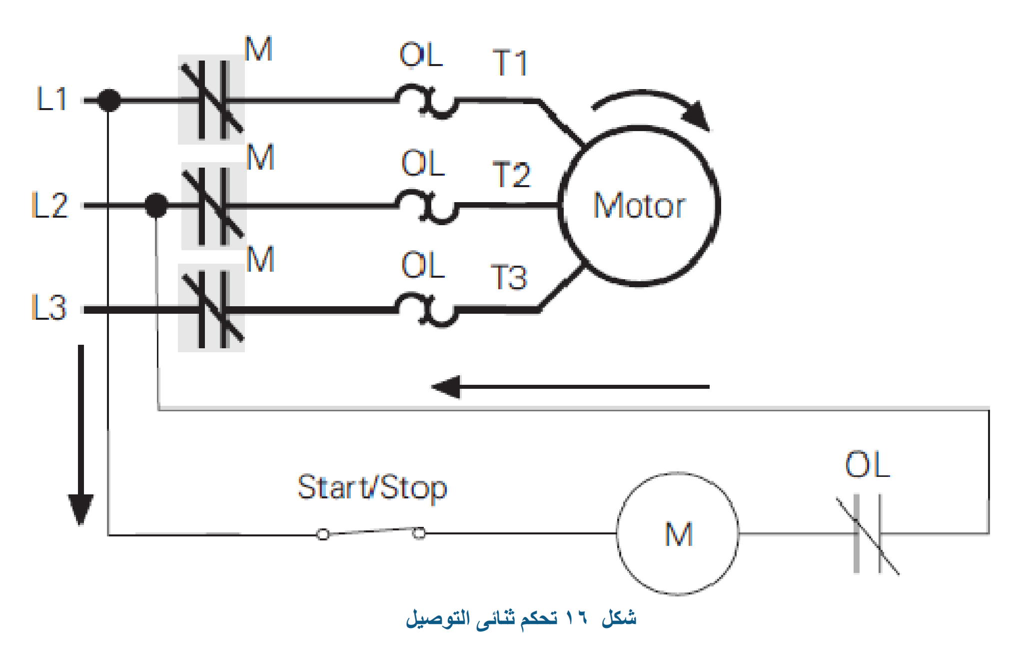


٥. أجهزة التحكم

جهاز التحكم هو جهاز يوجه تشغيل جهاز آخر أو يبين حالة تشغيل نظام أو ماكينة. أجهزة التحكم متوافرة على اختلاف نظمها وأساليب تركيبها ومقاساتها. وفيما يلي عائلات المنتجات المتوافرة مع ملاحظة أن قطر التركيب يرمز لمقاس فتحة التثبيت بالمليمتر (مم).

٥.١. التحكم ثنائى التوصيل:

دائرة التحكم ثنائية التوصيل تسمى بهذا الإسم لأن مفتاح التشغيل والإيقاف يحتاج إلى سلكين فقط لتوصيلهما إلى الدائرة. توفر الدائرة إمكانية التخلص من الضغط المنخفض وليس حماية من الضغط المنخفض. إمكانية التخلص من الضغط المنخفض تعنى أنه في حالة فقد التيار الكهربى يتم تفريغ شحنة الكونتاكتور مما يوقف الموتور عن العمل. بينما بمجرد عودة التيار الكهربى يعود الموتور للعمل (إذا كان جهاز التحكم مازال مغلقا).



شكل ١٦ تحكم ثنائى التوصيل

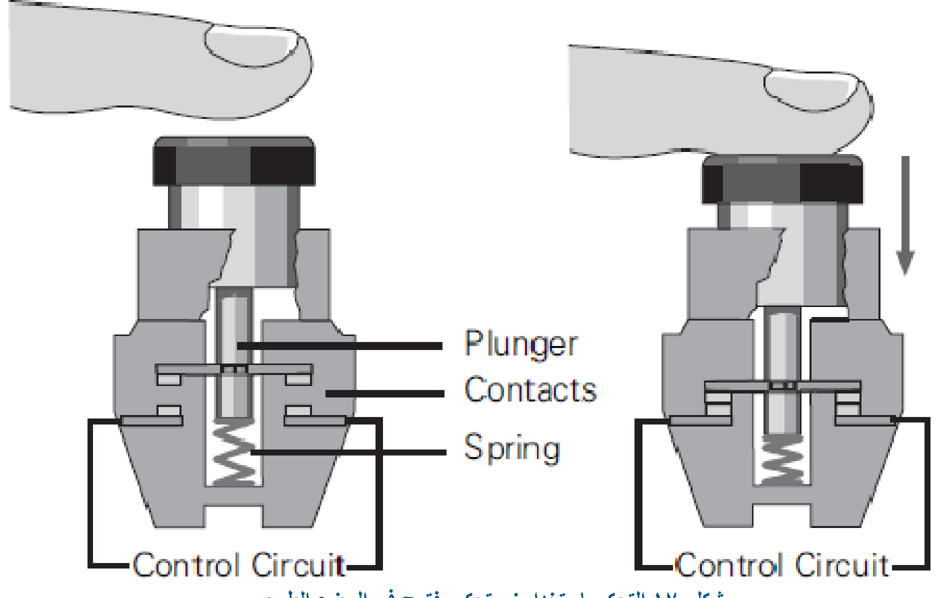
هذا النوع من أنظمة التحكم يستخدم في التركيبات البعيدة أو التى يصعب الوصول إليها حيث يكون من الأولى الرجوع للعمل عند عودة التيار الكهربى.

مثال : أزرار التحكم

زر التحكم هو جهاز يستخدم لفتح/ غلق نقاط التحكم يدويا. أزرار التحكم قد تكون مضيئة أو غير مضيئة كما تتعدد أشكالها وألوانها.

٥.١.١.أزرار التحكم المفتوحة فى الوضع الطبيعي:

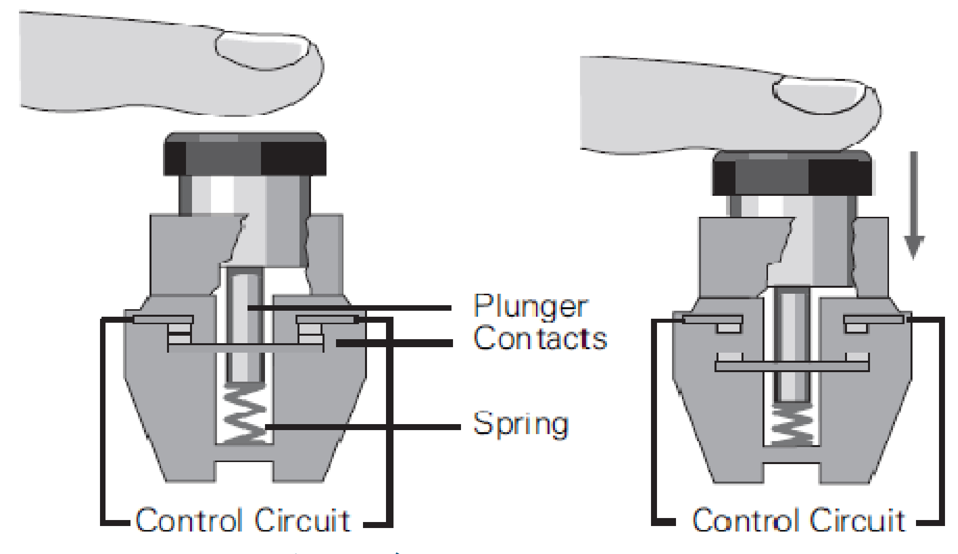
تستخدم أزرار التحكم في الدوائر للقيام بعمليات مختلفة. فمثلا قد تقوم بتشغيل/ إيقاف موتور. عادة يتكون زر التحكم من كباس، زنبرك للرجوع ومجموعة من نقاط التحكم. الرسم التالى يبين زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي وهو مسمى بهذا الاسم لأن نقاط التحكم مفتوحة طالما لم يتم ضغط الزر. ضغط الزر يسبب غلق نقاط التحكم. عند زوال الضغط عن الزر يقوم الزنبرك بإعادة الكباس لوضع الفتح.



شكل ١٧ التحكم باستخدام زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

٥.١.٢.أزرار التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

الرسم التالى يبين زر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي وقد يستخدم لفتح/ غلق دائرة تحكم. في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم مغلقة ويمكن مرور التيار الكهربى من خلالها. ضغط الزر يسبب فتح نقاط التحكم مما يمنع مرور التيار الكهربى خلال الدائرة.

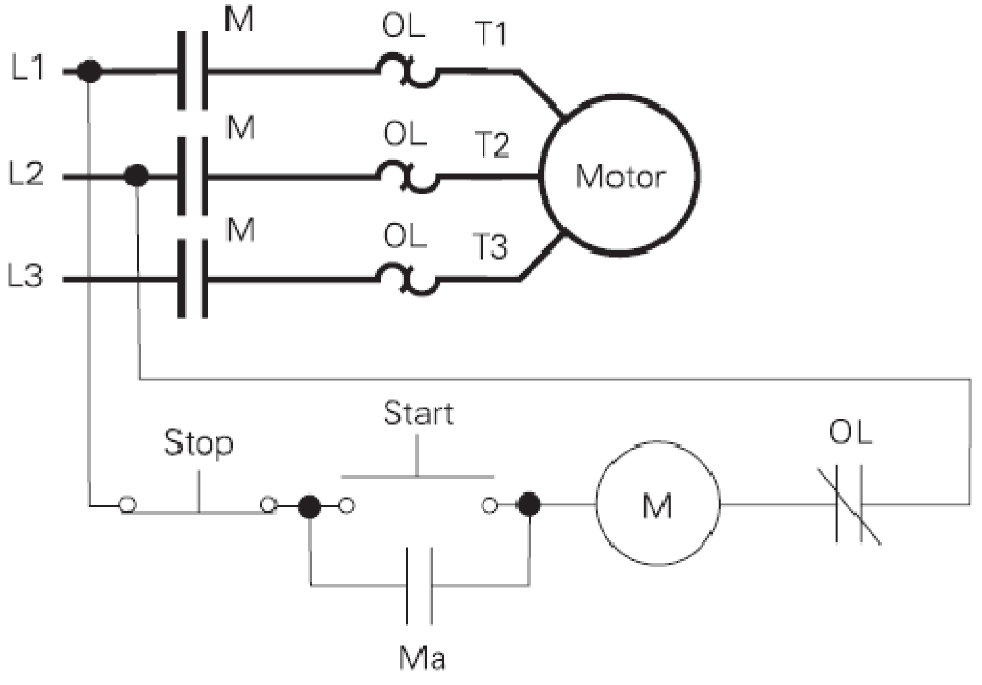


شكل ١٨ التحكم باستخدام زر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي

أزرار التحكم السابقة تسمى أزرار تحكم ذات نقاط تحكم لحظية لأن نقاط التحكم تبقى في وضع التشغيل فقط طالما الزر مضغوط. أنواع أزرار التحكم التى تحتفظ بحالتها حتى إذا زال الضغط على الزر تسمى أزرار تحكم ذات نقاط تحكم ثابتة. وهناك أنواع من أزرار التحكم تحتوى على مجموعة من نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي ومجموعة أخرى مغلقة في الوضع الطبيعي بحيث إذا تم ضغط الزر تفتح مجموعة وتغلق أخرى. وفي هذا المثال يمكن توصيل زر التحكم بحيث يكون إما مفتوح في الوضع الطبيعي/ مغلق في الوضع الطبيعي.

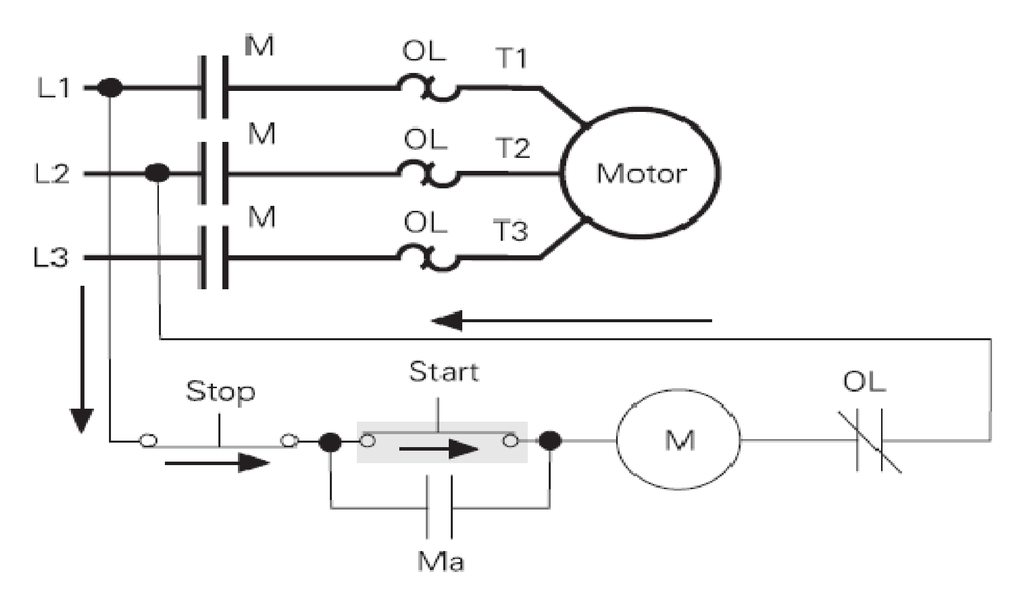
٥.١.٣.استخدام أزرار التحكم في الدوائر:

المخطط التالى يبين مثال على كيفية استخدام زر التحكم المفتوح/ المغلق في الوضع الطبيعي في دوائر التحكم.



شكل ١٩ مثال على التحكم باستخدام أزرار التحكم في الدوائر

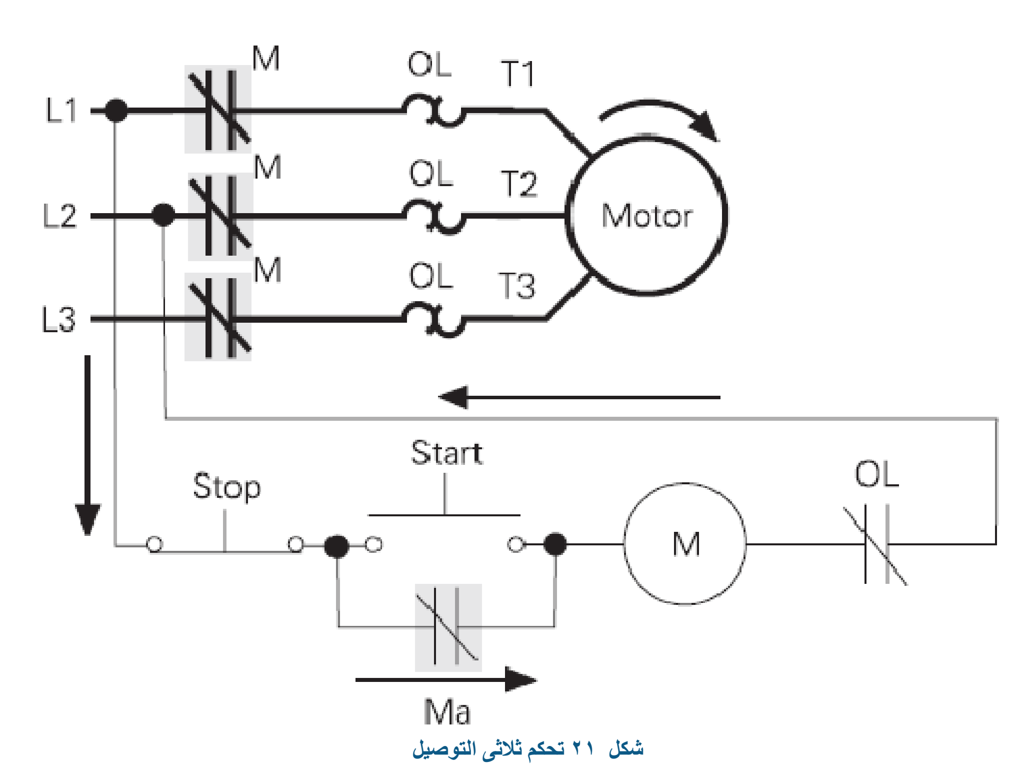
عند ضغط مفتاح التشغيل (Start) لحظيا يكتمل مسار التيار ويتم تشغيل الملف الالكترومغناطيسي الخاص بالكونتاكتور (M).



شكل ٢٠ مرور التيار في الدائرة

٥.٢ التحكم ثلاثي التوصيل:

ضغط مفتاح التشغيل (Start) يغلق نقاط التحكم الخاصة بكلا من (M) و (Ma). عند زوال الضغط عن زر التحكم تعمل نقاط التحكم الخاصة بـ (Ma) كدائرة تثبيت لتوصيل التيار الكهربى للملف الالكتروومغناطيسي الخاص بـ (M). يستمر الموتور في الدوران حتى يتم الضغط على زر التحكم المغلق في الوضع الطبيعي (Stop) مما يوقف سريان التيار إلى الملف الالكتروومغناطيسي (M) ويفتح نقاط التحكم الخاصة بكل من (M) و (Ma).



شكل ٢١ تحكم ثلاثي التوصيل

ويسمى نظام التحكم السابق بنظام التحكم ثلاثى التوصيل لأنه يحتاج لثلاثة أسلاك لتوصيل أزرار التشغيل/ الايقاف ودائرة التثبيت (Ma). من مميزات نظام التحكم ثلاثى التوصيل أن الموتور لن يقوم بإعادة تشغيل نفسه تلقائيا (أوتوماتيكيا) بعد حدوث أوفرلود. عند حدوث اوفرلود تفتح نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي وبالتالى الملف (M) يفقد شحنته ويتوقف الموتور عن العمل. عند إزالة الأوفرلود يجب أن يقوم المشغل بالضغط على مفتاح التشغيل لإعادة الموتور إلى العمل. هذه الدائرة أيضا بها حماية من انخفاض الفولت بحيث أنه إذا تم فقد طاقة التحكم ستقوم الدائرة بوقف الموتور عن العمل ولن تقوم بإعادة الموتور للعمل ذاتيا (أوتوماتيكيا) عند عودة طاقة التحكم.



٦. مفاتيح الاختيار:

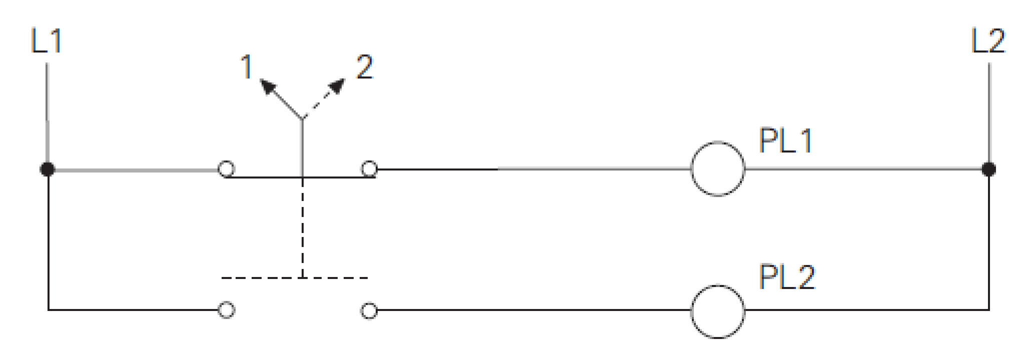
مفاتيح الاختيار تستخدم لفتح/ غلق نقاط التحكم يدويا. مفاتيح الاختيار قد تكون ثابتة، تستخدم زنبرك للرجوع أو تعمل بمفتاح وهى متاحة بأوضاع ثنائية/ ثلاثية أو رباعية.

الاختلاف الرئيسي بين زر التحكم ومفتاح الاختيار هو ميكانيكية التشغيل. يقوم المشغل بإدارة مفتاح الاختيار لفتح/ غلق نقاط التحكم. مجموعات نقاط التحكم المستخدمة مع أزرار التحكم قابلة للتغيير وهى نفسها التى تستخدم مع نفس النوع من مفاتيح الاختيار.

مفاتيح الاختيار تستخدم للإختيار بين أحد امكانيتين لتشغيل الدائرة. فمثلا تشغيل/ ايقاف، سرعة بطيئة/ سريعة.

٦.١. مفتاح الاختيار ثنائى الوضع:

في المثال التالى ضوء التحكم (PL1) يعمل عند تشغيل الوضع (١) في مفتاح الاختيار ثنائى الوضع بينما ضوء التحكم (PL2) يعمل عند تشغيل الوضع (٢). وهذا يعتبر جزء من دائرة التحكم لماكينة ما وحالة أضواء التحكم يمكن استخدامها لتوضيح حالتين لتشغيل للماكينة مثلا تشغيل/ ايقاف.

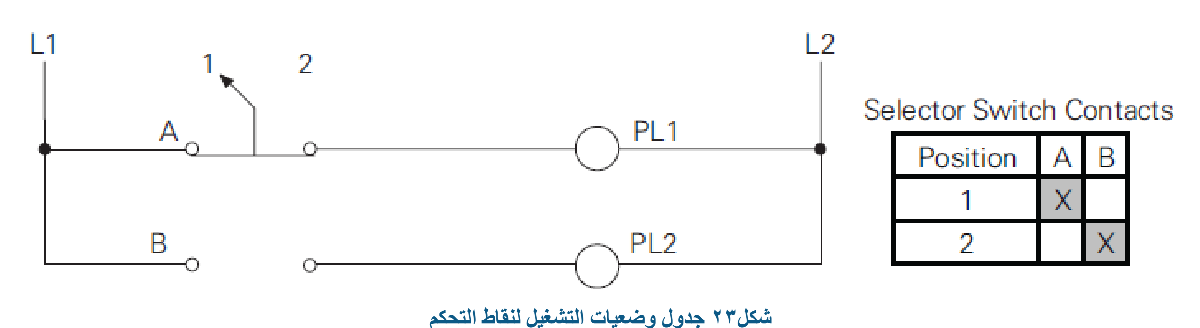


شكل ٢٢ مفتاح الاختيار ثنائى الوضع

٦.١.١.جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم:

هناك طريقتين مقبولتين لتوضيح وضع نقاط التحكم لمفتاح الاختيار. الطريقة الأولى موضحة في المثال السابق بحيث يستخدم خط متصل/ منقط لتوضيح وضعيات التشغيل.

الطريقة الثانية باستخدام جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم ويسمى أيضا جدول المطلوبات ويستخدم حرف كرمز لكل وضع من أوضاع نقطة التحكم. حرف (X) في الجدول يوضح أى من نقاط التحكم مغلق لوضع مفتاح معين.



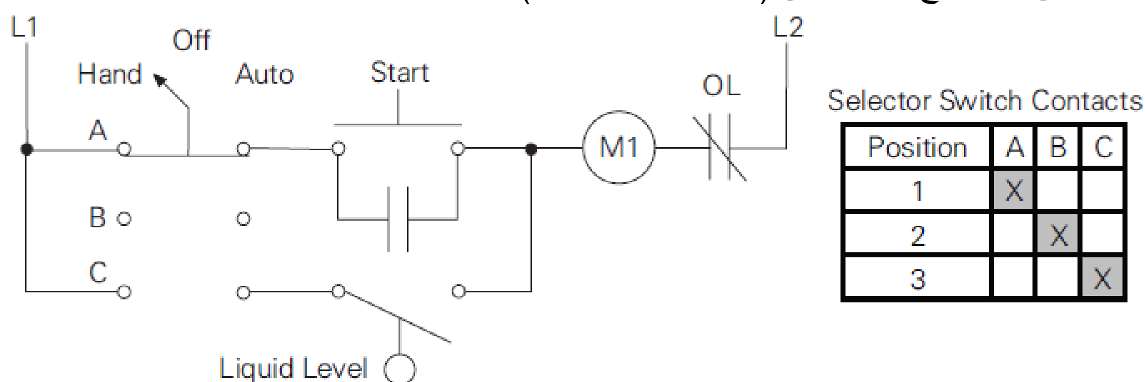
Position	A	B
1	X	
2		X

شكل ٢٣ جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم



٦.٢. مفتاح الاختيار ثلاثى الأوضاع:

مثلا في المخطط التالى الأوضاع المتاحة هى (Hand/off/Auto) لموتور طلمبة.



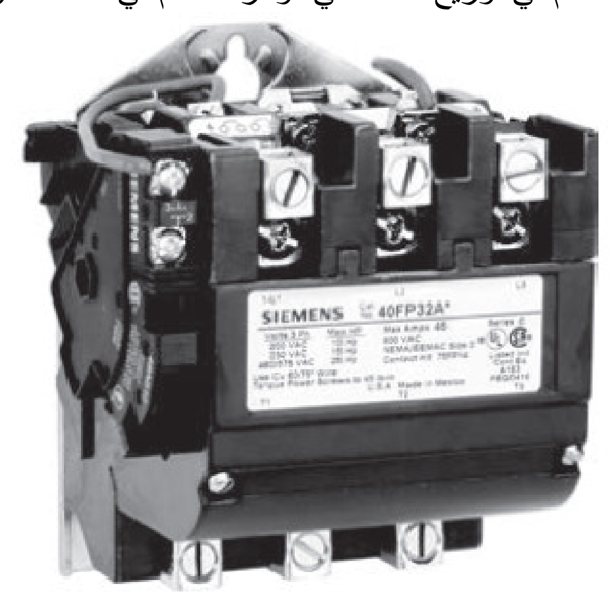
Position	A	B	C
1	X		
2		X	
3			X

شكل ٢٤ مفتاح الاختيار ثلاثى الاوضاع وجدول وضعيات تشغيل نقاط التحكم

في وضع (Hand) يكون التشغيل يدويا وفيه تعمل الطلمبة عند ضغط مفتاح التشغيل start. ويتم ايقاف الطلمبة عند الضغط على مفتاح الايقاف off. المفتاح الخاص بمستوى السائل لا يؤثر على طريقة العمل طالما مفتاح الاختيار ليس مضبوطا على الوضع Auto وعندها يتم التحكم بالطلمبة بواسطة مفتاح مستوى السائل بحيث يغلق عند ارتفاع مستوى السائل حتى مستوى محدد مسبقا فيقوم بتشغيل الطلمبة وعند انخفاض مستوى السائل عن مستوى محدد يفتح مفتاح مستوى السائل مما يوقف الطلمبة عن العمل.

٧. الكونتاكتورات المغناطيسية:

طبقا لنظرية NEMAونظرية IEC فإن أغلب التطبيقات التى تعتمد استخدام المواتير تتطلب استخدام اجهزة تحكم بعيدة لتشغيل/ ايقاف الموتور. الكونتاكتورات المغناطيسية كالموضحة بالرسم التالى تستخدم غالبا لتوفير هذه الامكانية. وكما سيتم شرحه لاحقا بعض من الكونتاكتورات المغناطيسية تستخدم للتحكم في توزيع الطاقة في دوائر التحكم في الاضاءة والحرارة.



NEMA Contactor

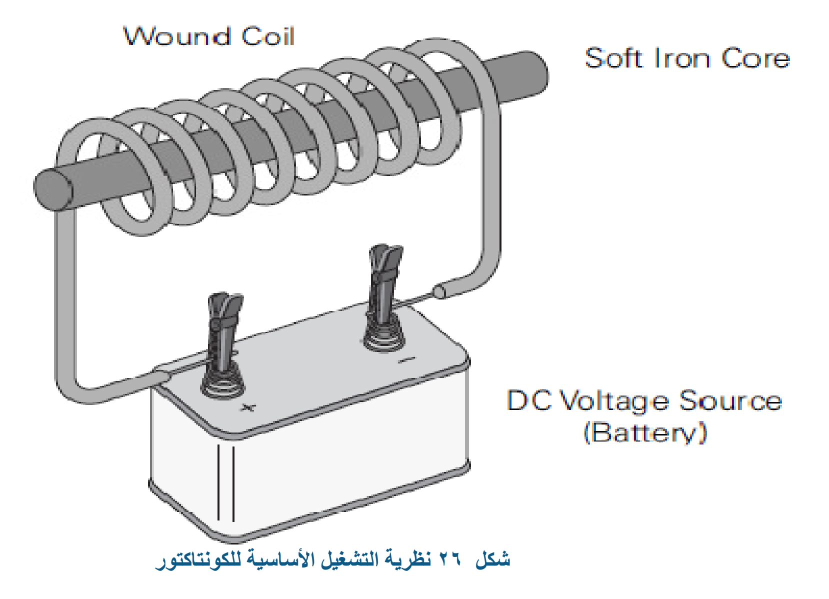
IEC Contactor

شكل ٢٥ NEMA and IEC Contactors

كالعديد من مكونات أنظمة التحكم فالكونتاكتورات غالبا يتم تصنيعها وفقا لأى من المنظمة الوطنية لمصنعى الكهرباء NEMA أو نظم المشتريات الكهروتقنية الدولية IEC.

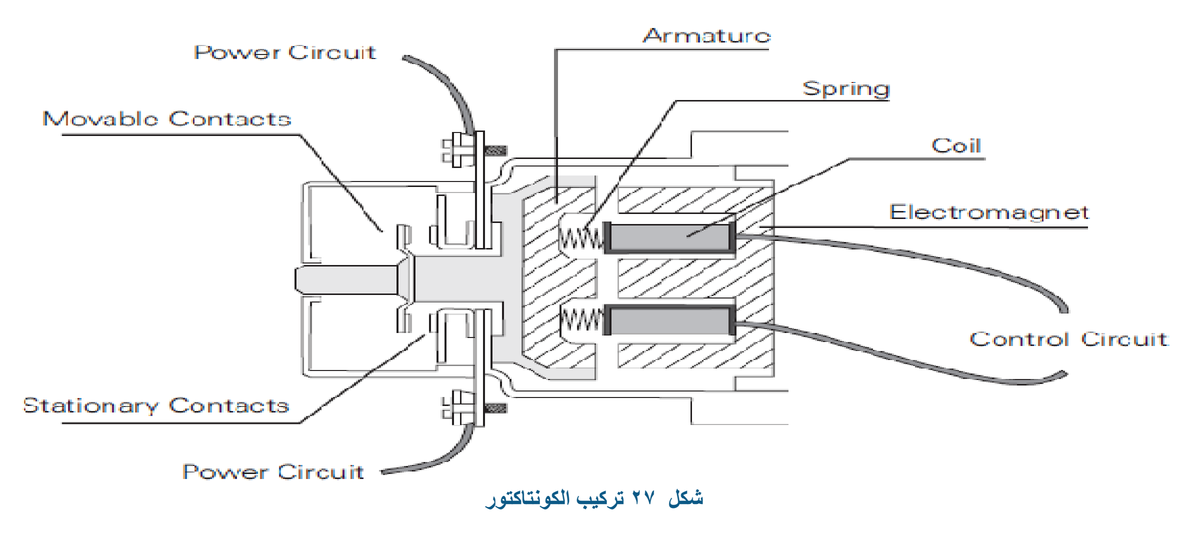
٧.١ نظرية عمل الكونتاكتور:

الكونتاكتورات المغناطيسية تستخدم المبادئ الالكترومغناطيسية في نظرية عملها. لفهم هذه المبادئ أنظر للشكل التالى. هناك الكترومغناطيس وهو عبارة عن عود (بار) من الحديد المطاوع ملفوف حوله ملف ويتم توصيل الملف بمصدر تيار كهربى مستمر DC (بطارية). يمر التيار خلال السلك مما يمغنط الملف بشكل مؤقت. عند فصل البطارية يتوقف التيار ويعود الملف لوضعه الغير ممغنط.



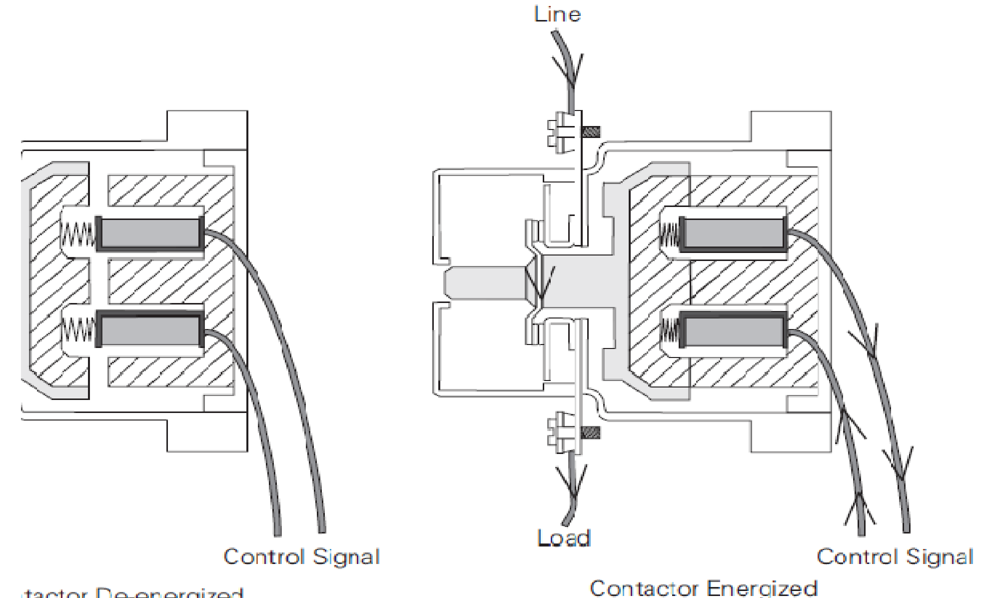
شكل ٢٦ نظرية التشغيل الأساسية للكونتاكتور

الشكل التالى يبين المكونات الداخلية للكونتاكتور. هناك عدد (٢) دائرة تستخدم لتشغيل الكونتاكتور أحدهما للتحكم والأخرى للتزويد بالطاقة. دائرة التحكم متصلة بالملف الخاص بالالكترومغناطيس بينما دائرة التزويد بالطاقة متصلة بالقطع الثابتة داخل الكونتاكتور.



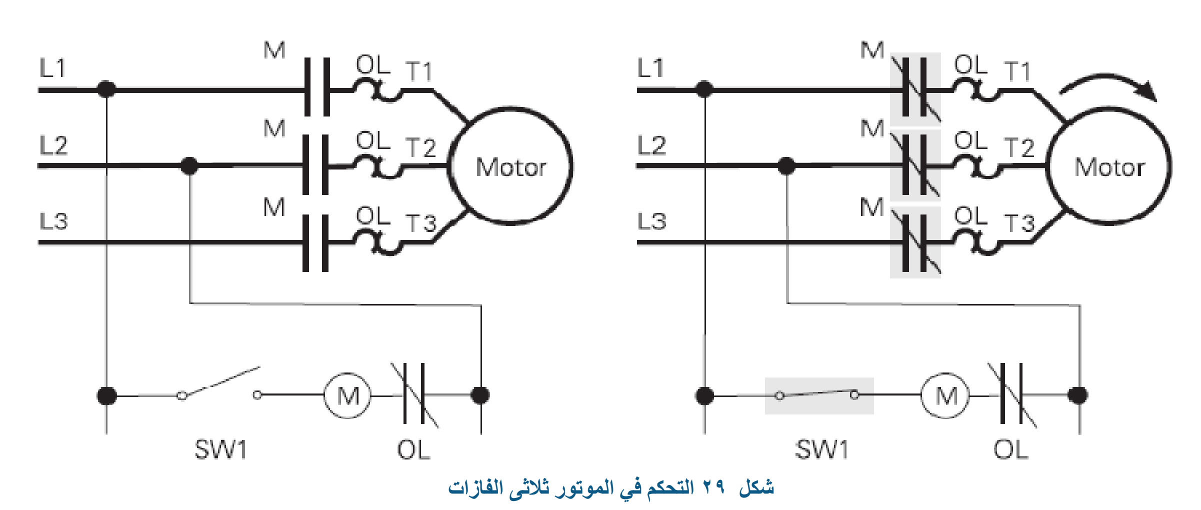
شكل ٢٧ تركيب الكونتاكتور

تشغيل الالكترومغناطيس الموجود بالشكل السابق مماثل لتشغيل الالكترومغناطيس الذي تم تصنيعه عن طريق لف ملف حول بار من الحديد المطاوع. عند تزويد الملف بالطاقة من خلال دائرة التحكم يتولد مجال مغناطيسي مما يمغنط الالكترومغناطيس. المجال المغناطيسي المتولد يجذب حافظة المغناطيس له مما يغلق نقاط التحكم. وعندما تكون نقاط التحكم مغلقة يمر التيار لاخل دائرة التزويد بالطاقة من الخط للحمل.
عندما يتوقف التيار الكهربى عن المرور من خلال دائرة التحكم يفقد الملف الالكترومغناطيسي شحنته وينتهى المجال المغناطيسي وتفتح نقاط التحكم بتأثير زنبرك الرجوع.



شكل ٢٨ طريقة عمل زنبرك الرجوع

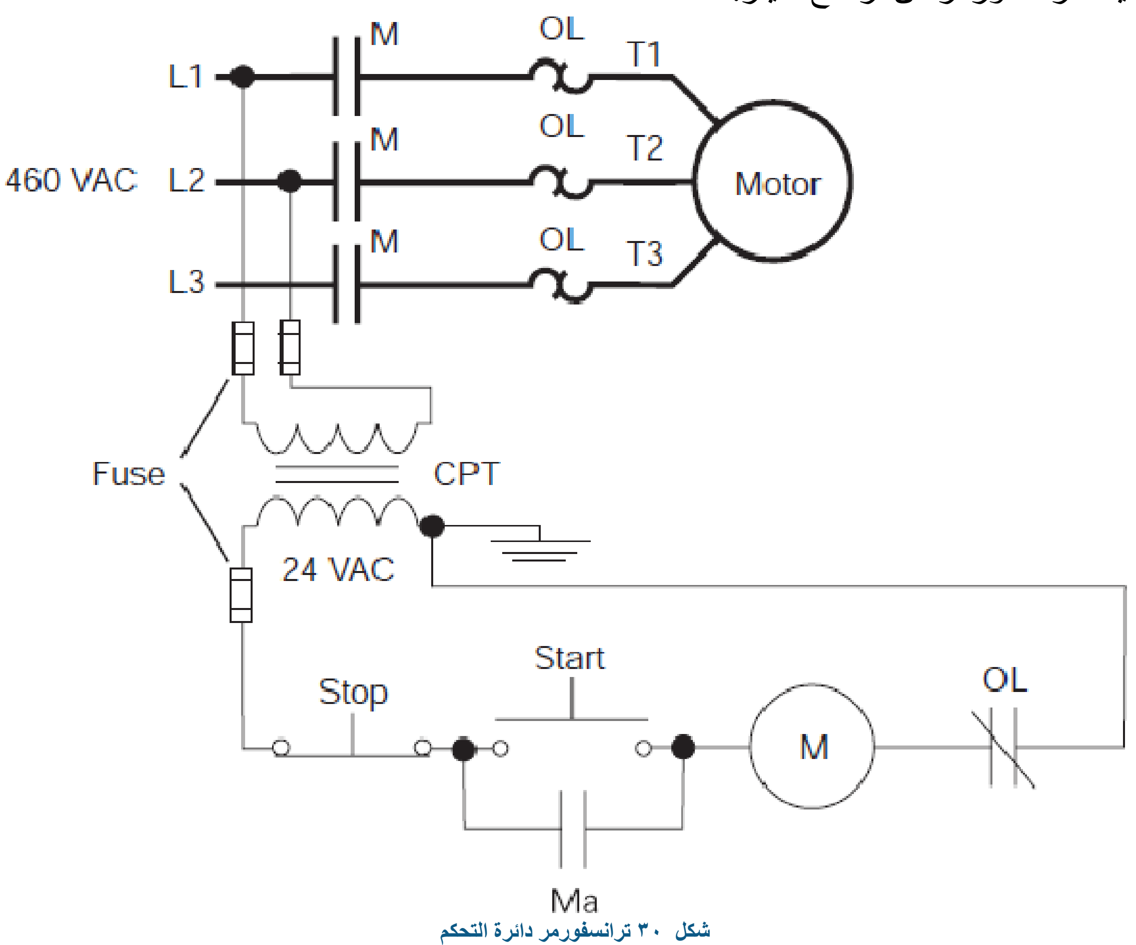
المخطط التالى يبين كونتاكتور يعمل على فتح/ غلق الموتور ثلاثى الفازات. لاحظ أن الطاقة التى تزود الملف الالكترومغناطيسي لهذا الكونتاكتور يتم التحكم بها بواسطة المفتاح (SW1). عند غلق (SW1) يتم تشغيل الملف الالكترومغناطيسي مما يغلق نقاط التحكم (M) ويزود الموترو بالطاقة. عند فتح (SW1) يفقد الملف الالكترومغناطيسي شحنته مما يفتح نقاط التحكم (M) ويقطع الطاقة عن الموتور.



شكل ٢٩ التحكم في الموتور ثلاثى الفازات

٨. ترانسفورمر طاقة التحكم:

فرق الجهد الذي يتم توصيله على الأطراف الرئيسية للموتور غالبا ما يكون أعلى من فرق الجهد الذي تحتاجه دائرة التحكم. في تلك الحالات يستخدم ترانسفورمر طاقة التحكم لخفض فرق الجهد لذلك الذي تحتاجه دائرة التحكم لتقوم بعملها. في المثال التالي فرق الجهد الموجود على الجهة المبدئية من الترانسفورمر قدره ٤٦٠ فولت من التيار المتردد. هذا الجهد يتم خفضه إلى ٢٤ فولت من التيار المتردد لتستخدمه دائرة التحكم. الفيوزات الموصلة على الجهة المبدئية/ الثانوية من ملفات الترانسفورمر تعمل على حماية الترانسفورمر من ارتفاع التيار.



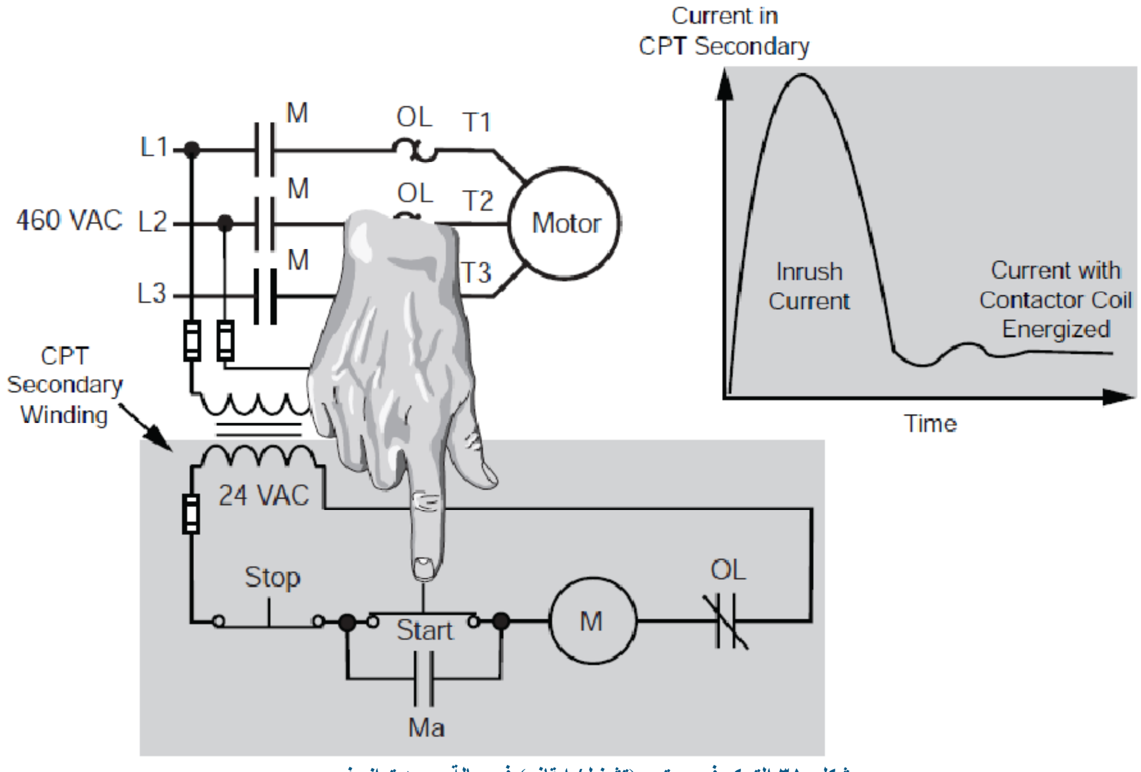
شكل ٣٠ ترانسفورمر دائرة التحكم

هناك أسماء أخرى تستخدم للإشارة إلى الترانسفورمر الخاص بطاقة التحكم ومنها:

- ترانسفورمر دائرة التحكم
- ترانسفورمر التحكم
- ترانسفورمر التيار المندفع
- تراسفورمر التحكم الصناعي
- تراسفورمر أدوات التصنيع

يرجع اسم (ترانسفورمر التيار المندفع) إلى أحد أهم متطلبات هذا المكون وهي استقرار الجهد الخارج خلال حالة التيار المندفع.

عندما تكون دائرة التحكم في وضع العمل مثلا عندما يكون الملف الخاص بكونتاكتور بادئ التيار مبدئيا قد زود الكونتاكتور بالطاقة ليغلق نقاط التحكم به يكون التيار المطلوب سحبه من مصدر التيار أعلى عشرة مرات من التيار الذي يجون الملف في حاجة إليه ليحتفظ بوضع نقاط التحكم مغلقة. هذا التيار المندفع (الكبير) قد يستمر لما يقارب ٥٠ مللي ثانية بحسب مواصفات دائرة التحكم. وكنتيجة لذلك إذا كان مصدر التيار غير مصمم لاحتمال هذا التيار الكبير المسحوب سوف ينخفض فرق الجهد الخاص بالتحكم لأقل من الذي تحتاجه دائرة التحكم لتقوم بعملها.



شكل ٣١ التحكم في موترو (تشغيل/ ايقاف) في حالة وجود ترانسفورمر

تراسفورمر التحكم الصناعى مصمم لهذا الهدف وإذا تم اختياره بشكل مناسب للتطبيق الذي سيتم استخدامه فيه سوف يوفر ضبط مناسب لفرق الجهد على الدائرة الثانوية ليصبح من الأكيد أنه تم توصيل فرق الجهد المناسب لدائرة التحكم لتقوم بعملها.

٨.١. أساسيات الاختيار:

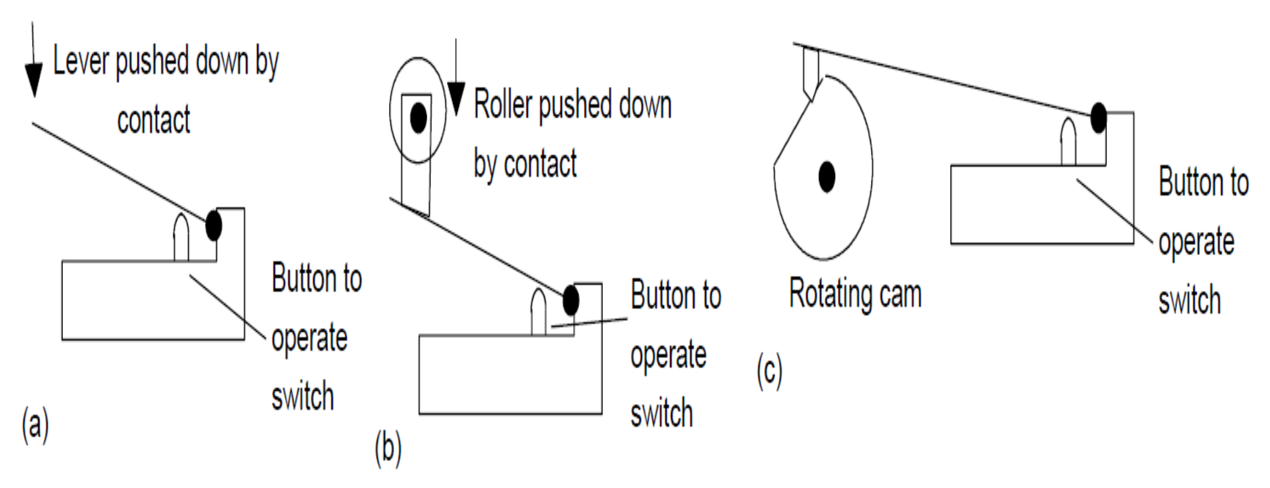
اختيار ترانسفورمر التحكم الصناعى يحتاج علم بالمبادئ التالية:

- طاقة الاندفاع: هى عبارة عن فرق الجهد الخاص بالترانسفورمر (فولت) مضروبا في التيار (أمبير) الذي تحتاجه دائرة التحكم لتبدأ عملها.
- طاقة الغلق: هى عبارة عن فرق الجهد الخاص بالترانسفورمر (فولت) مضروبا في التيار (أمبير) الذي تحتاجه دائرة التحكم بعدما تبدأ عملها.
- فرق الجهد الأساسى: مقدار فرق الجهد الذي تحتاجه ملفات الترانسفورمر المبدئية.
- فرق الجهد الثانوى: مقدار فرق الجهد الذي سيزود به الترانسفورمر دائرة التحكم.

يتم اختيار ترانسفورمر التحكم الصناعى باختيار قيمة الفولت أمبير له والذي يمكنه من احتمال الفولت أمبير المندفع الأقصى للدائرة بمعلومية عامل القدرة للدائرة. تذكر أنه بغض النظر عن قيمة الفولت أمبير الخاصة بالترانسفورمر فإن قيمة الفولت أمبير المندفع الذي يمكنه احتماله يتناسب عكسيا مع فرق الجهد المولد على الملف الثانوى.

٩. مفاتيح الحد:

مفاتيح الحد تستخدم للتحديد لمكان جسم ما بصورة ميكانيكية. كل مفتاح يتكون من رأس عاملة وبها ذراع أو ميكانيزم كباس بالاضافة إلى جسم المفتاح والذي يحتوى على نقاط التحكم.
عندما يحرك الجسم الذراع أو يضغط على الكباس تتغير حالة نقاط التحكم في مفاتيح الحد من مفتوح لمغلق والعكس. ويستخدم هذا التغيير في حالة نقاط التحكم للتحكم في جهاز أو نظام آخر.
تتوافر مفاتيح الحد بنقاط تحكم مفتوحة/ مغلقة في الوضع الطبيعي أو بحيث يمكن ضبط حالتها. مفتاح الحد المفتوح في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم الخاصة به مفتوحة في حالة عدم وجود مدخلات ميكانيكية اما إذا وجدت مدخلات ميكانيكية فإن نقاط التحكم تتحول للوضع المغلق. مفتاح الحد المغلق في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم الخاصة به مغلقة في حالة عدم وجود مدخلات ميكانيكية اما إذا وجدت مدخلات ميكانيكية فإن نقاط التحكم تتحول للوضع المفتوح.
مفهوم كلمة مفتاح حد يعبر عن المفتاح المستخدم لمعرفة متى وجد أو مر جسم متحرك. يمكن ربطه أيضا بكامة، عجلة أو ذراع كما يظهر في الشكل التالي:



شكل ٣٢ربط مفتاح الحد بذراع، عجلة أو كامة

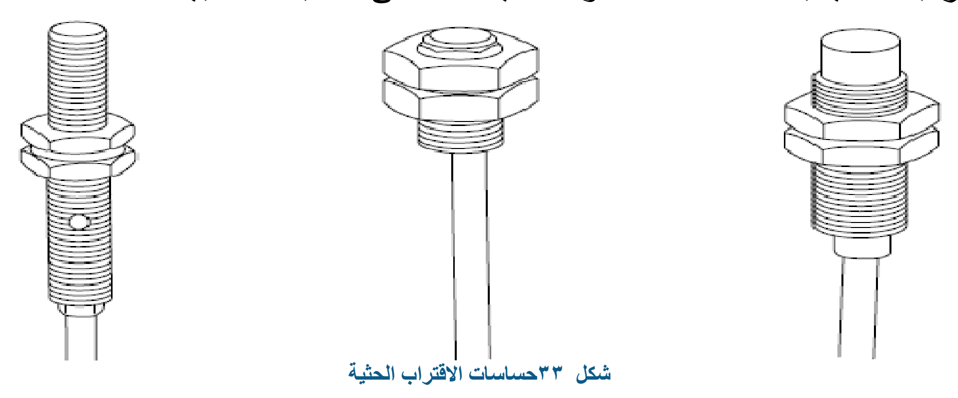
٩.١. المكونات الرئيسية:

- المنظم: جزء من المفتاح ملامس للجسم الذي يتم استشعاره.
- الرأس: تحتوى على الميكانيزم الذي يترجم حركة المنظم لحركات في نقاط التحكم.
- مجموعة نقاط التحكم: تحتوى على نقاط التحكم الكهربائية للمفتاح وغالبا ما تحتوى على زوجين أو أربعة أزواج من نقاط التحكم.

١٠. حساسات الاقتراب الحثية:

١٠.١ نظرية التشغيل:

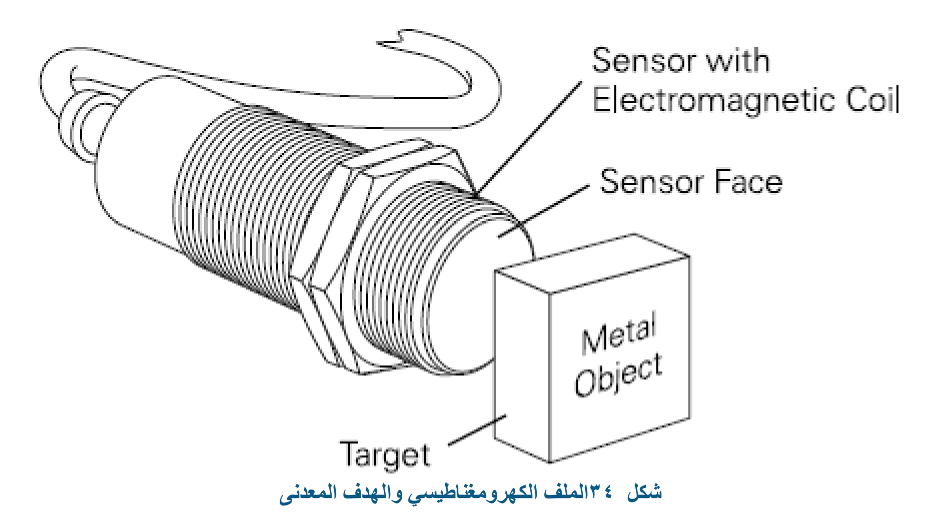
تتوافر حساسات الاقتراب الحسية بمختلف المقاسات والتصميمات لتلاقى متطلبات التطبيقات المختلفة.



شكل ٣٣حساسات الاقتراب الحثية

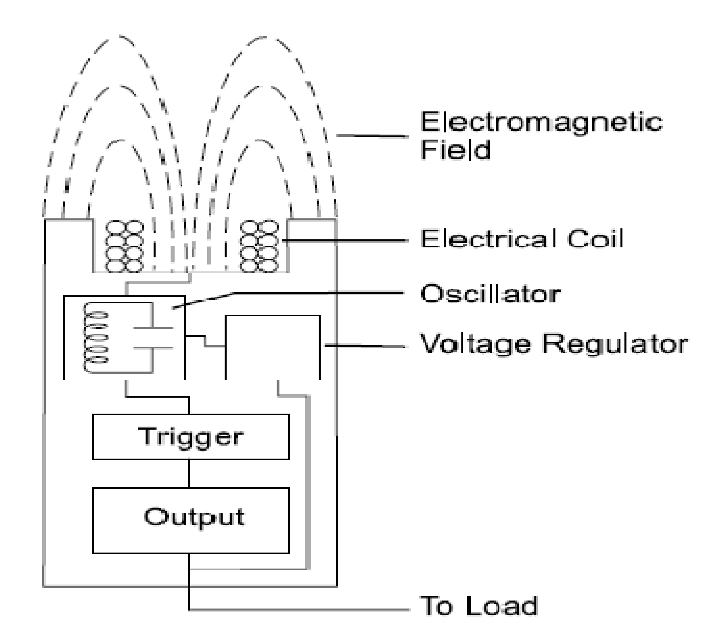
١٠.٢ الملف الكهرومغناطيسى والهدف المعدنى:

يحتوى الحساس على لمف الكترومغناطيسي والذي يستخدم لمعرفة وجود جسم معدنى موصل للكهرباء. يتجاهل الحساس وجود أى جسم غير معدنى.



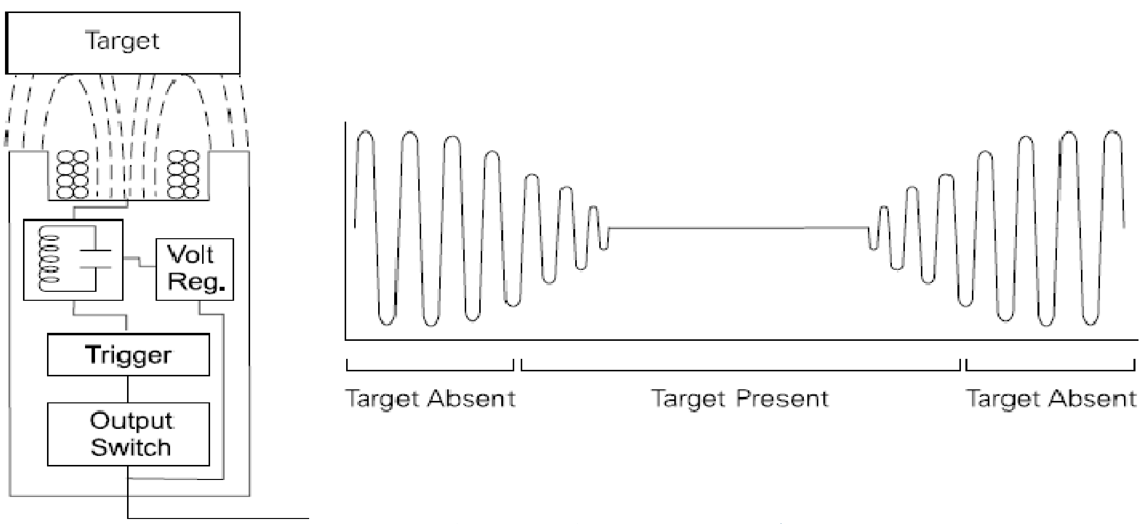
شكل ٣٤الملف الكهرومغناطيسي والهدف المعدنى

تعمل حساسات الاقتراب الحسية عن طريق مذبذب التيار الدوامى Eddy Current Killed Oscillator. وهذا النوع من الحساسات يتكون من خمس مكونات: الملف، المذبذب، بادئ تشغيل الدائرة trigger current، والمخرج. المذبذب عبارة عن دائرة مكثف حسي معدلة والتى تسبب تردد الراديو. المجال الكهرومغناطيسي الناشئ عن طريق المذبذب ينبعث من الملف بعيدا عن سطح الحساس. وتكون بذلك الدائرة لديها رد فعل من المجال لتحافظ على ذبذبة المذبذب.



شكل ٣٥المجال الكهرومغناطيسي الناشئ عن طريق المذبذب ينبعث من الملف بعيدا عن سطح الحساس

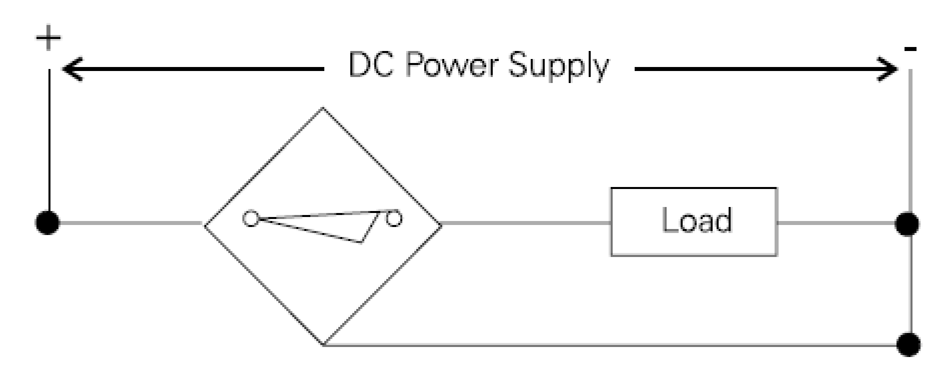
عندما يدخل هدف معدنى للمجال يدور تيار دوامى حول الهدف وهو ما يولد حمل على الحساس وبالتالى يقلل مقدار المجال الكهرومغناطيسي. كما أقترب الهدف المعدنى من الحساس كلما زاد التيار الدوامى. تتابع دائرة بدء التيار مقدار ذبذبة المذبذب وعند قيمة محددة تعدل حالة الحساس من الوضع الطبيعي للوضع الآخر مغلق/ مفتوح والعكس. ومع ابتعاد الهدف المعدنى عن الحساس تزداد قيمة ذبذبة المذبذب. وعند قيمة محددة تعدل حالة الحساس عائدة للوضع الطبيعي.



شكل ٣٦علاقة قرب الهدف المعدنى برد فعل دائرة البدء في حساس الاقتراب الحثى

٣.١٠. الاجهزة التى تعمل على التيار المستمر:

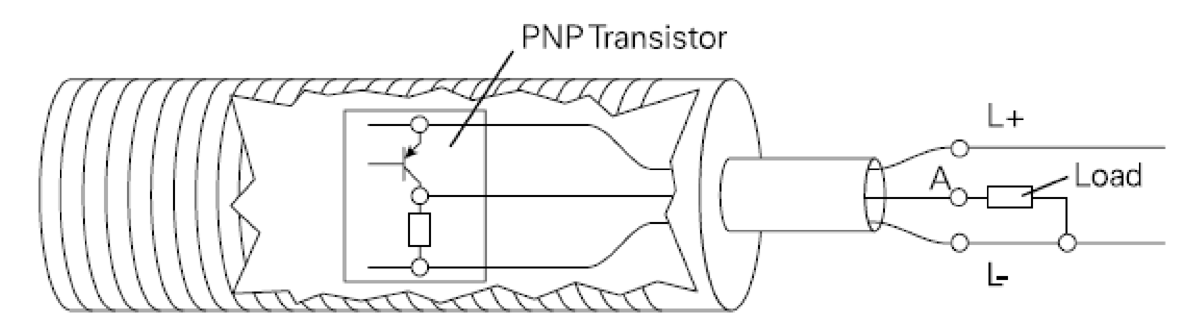
عادة تحتاج أجهزة التيار المستمر من النوع ثلاثى التوصيل (النوع ثنائى التوصيل متوافر أيضا) جهاز منفصل للتزويد بالطاقة. يتم توصيل الحساس بين الجانب الموجب والسالب لمصدر الطاقة وتعتمد قطبية التوصيل على نوع الحساس. في المثال التالى تم توصيل الحمل بين الجانب السالب لمزود الطاقة والحساس.



شكل ٣٧توصيل الحمل والحساس ومصدر الطاقة

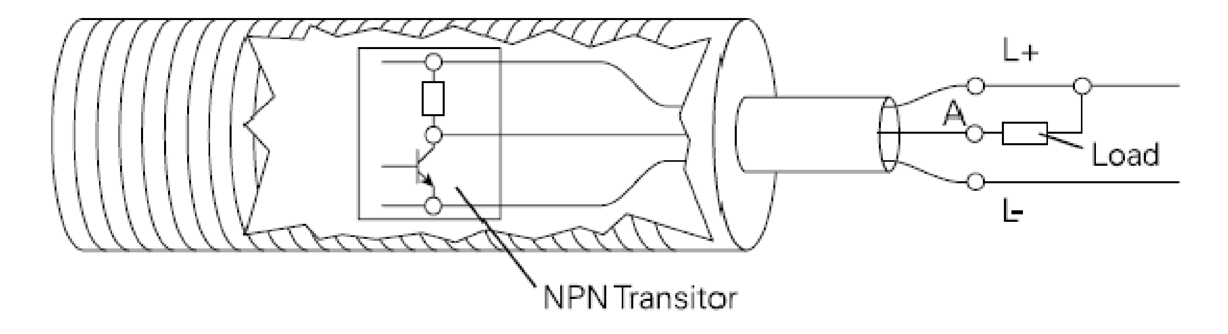
١٠.٤ . توصيل المخارج:

حساسات الاقتراب الحثية التي تعمل على التيار المستمر قد تكون من النوع NPN (الممتصة) أو PNP (المزودة). وهو الذي يعبر عن نوع الترانزيستور المستخدم في مخرج الترانزيستور.
في الرسم التالى توضيح لمرحلة الخروج لحساس من النوع PNP. تم توصيل الحمل بين المخرج (A) والطرف السالب لمصدر الطاقة (-L). الترانزيستور من النوع PNP يحول الحمل للجانب الموجب من مصدر الطاقة (+L).
عندما يتم تشغيل الترانزيستور يكتمل مسار التيار من -L وخلال الحمل وحتى +L. وهذا يسمى تزويد بالتيار Current Sourcing لأن في التوصيل الحالى يمر التيار من الموجب للسالب وحتى الحمل. هذه المسميات قد تسبب خلاف بين مستخدمي الحساسات لأن الكهرباء الالكترونية التى مسارها من السالب للموجب تعتبر من الحمل للحساس وذلك عندما يكون الترانزيستور من النوع PNP يعمل.



شكل ٣٨ توصيل الحمل في حالة الترانزيستور من النوع PNP

في الرسم التالى توصيح مرحلة الخروج لحساس من النوع NPN. تم توصيل الحمل بين المخرج (A) والطرف الموجب لمصدر الطاقة (+L). الترانزيستور من النوع NPN يحول الحمل للجانب السالب من مصدر الطاقة (-L). وهذا يسمى امتصاص بالتيار Current Sinking لأن في التوصيل الحالى فإن اتجاه التيار لداخل الحمل عندما يكون الترانزيستور يعمل. ولمرة أخرى فإن التيار الالكترونى يكون في الاتجاه المعاكس.

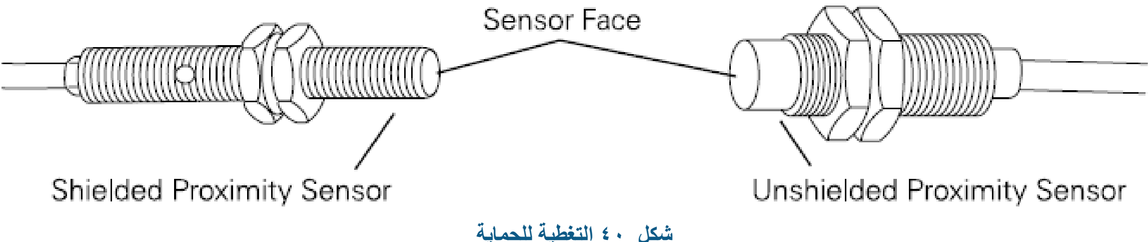


شكل ٣٩ توصيل الحمل في حالة الترانزيستور من النوع NPN

تعتبر المخرجات مفتوحة/ مغلقة في الوضع الطبيعي بناء على حالة الترانزيستور عندما يكون الهدف المعدنى غائب. فمثلا لو كان مخرج PNP لا يعمل عندما كان الهدف غائبا فيكون بذلك جهاز مفتوح في الوضع الطبيعي. إذا كان مخرج ال PNP يعمل عندما كان الهدف غائبا فيكون بذلك جهاز مغلق في الوضع الطبيعي.

١٠.٥. التغطية للحماية:

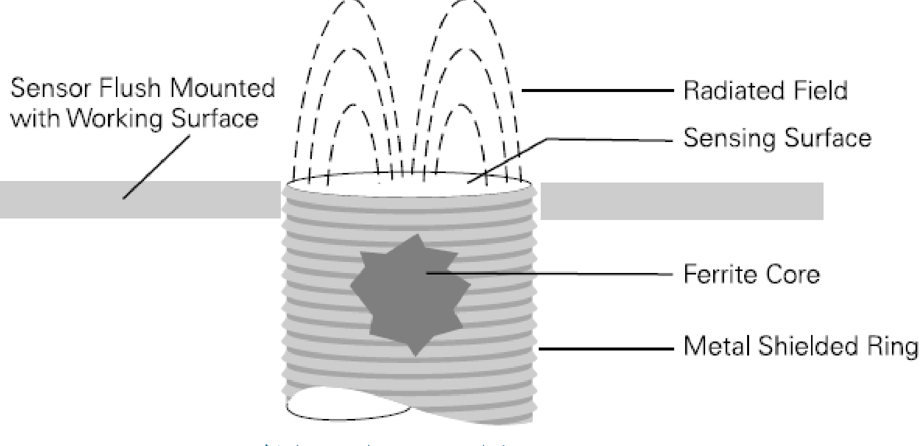
تحتوى حساسات الاقتراب الحثية على ملفات ملفوفة على قوالب من الحديد ال Ferrite. يمكن أن يكونمغطى أو لا. الحساسات الغير مغطاة عادة تكون لها مسافة احساس أكبر عن نظيرتها المغطاة.



شكل ٤٠ التغطية للحماية

١٠.٥.١. الحساسات الحثية المغطاة:

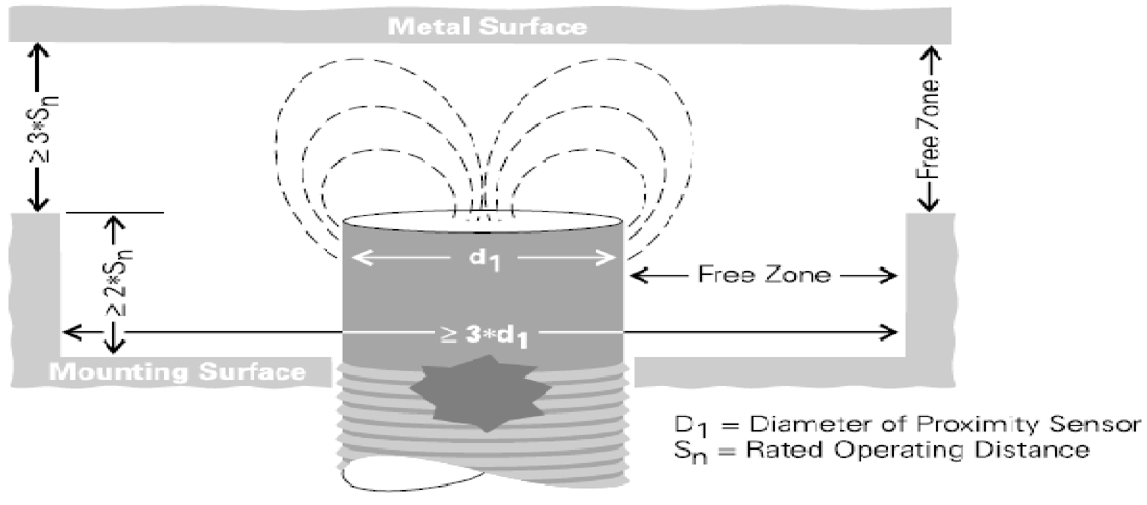
قالب الحديد ال Ferrite يركز المجال المنبعث في اتجاه الاستخدام. الحساس الحثي المغطى له حلقة من المعدن حول القالبللحد من المجال المنبعث المفقود. يمكن أن يتم تركيب الحساسات الحثية المغطاة على قاعدة من الحديد. ويفضل وجود مساحة كافية بدون معادن فوق وحول مساحة الاستشعار الخاصة على سطح الحساس. يمكن الرجوع للكتالوج الخاص بالحساس لمعرفة التوصيف في هذا الشأن. إذا وجد سطح معدنى مقابل للحساس الحثي يجب أن يكون على بعد ثلاثة أضعاف مسافة الاستشعار على الأقل من سطح الحساس.



شكل ٤١ تركيب الحساس المغطى

١٠.٥.٢ الحساسات الحثية الغير مغطاة:

الحساس الحثى الغير مغطى ليس به حلقة معدنية حول القالب للحد من المجال المنبعث المفقود.الحساسات الحثية الغير مغطاة لا يمكن تركيبها في قاعدة من الحديد. يجب أن يكون هناك مساحة حول سطح الاستشعار بدون معادن. يجب أن تتوافر مساحة فارغة قدرها ثلاثة أضعاف قطر سطح الاستشعار على الأقل. يجب أن يتم تركيب الحساس بحيث يكون السطح المعدنى الخاص بالقاعدة الحديدية ضعف مسافة الاستشعار من سطح الحساس على الأقل. اذا كان هناك هدف معدنى مقابل للحساس الحثي فيجب أن يكون على بعد ثلاثة أضعاف مسافة الاستشعار على الأقل.



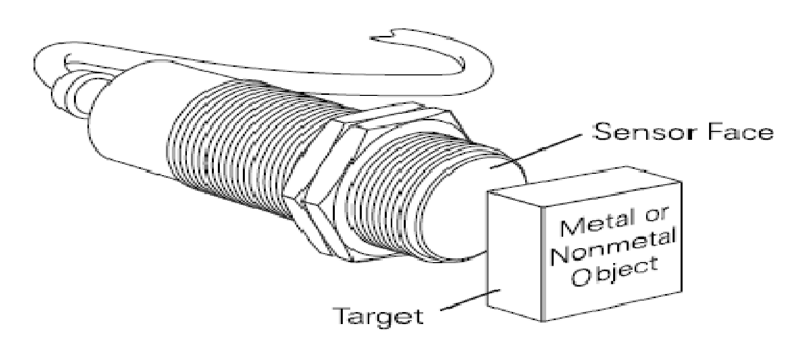
شكل ٤٢ تركيب الحساس الغير مغطى



١١. حساسات الاقتراب التى تعمل بالمكثفات:

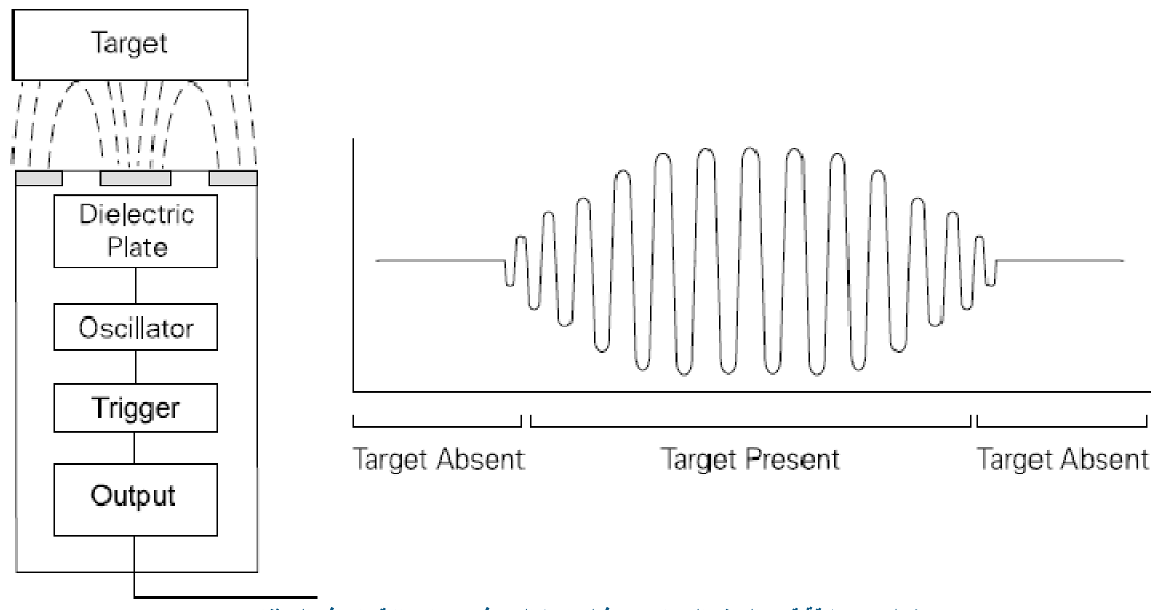
١١.١. نظرية التشغيل:

حساسات الاقتراب التى تعمل بالمكثفات مماثلة لحساسات الاقتراب الحثية. الفرق الرئيسي بين النوعين أن حساسات الاقتراب التى تعمل بالمكثفات تولد مجال الكتروستاتيكي بدلا من المجال الالكترومغناطيسي. حساسات الاقتراب التى تعمل بالمكثفات تستشعر المعادن وغير المعادن مثل الورق، الزجاج، السوائل والملابس.



شكل ٤٣ حساس الاقتراب ذو المكثفات

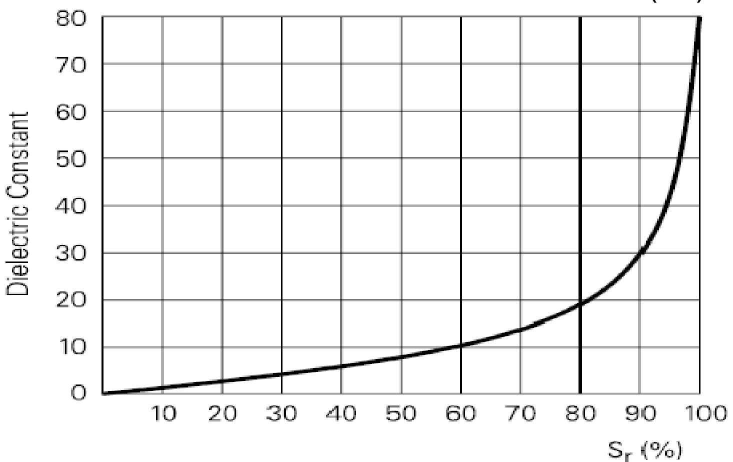
سطح الاستشعار لحساس الاقتراب ذو المكثفات يتكون من عدد (٢) الكترود من المكثفات موحدي المركز. عندما يقترب جسم ما من سطح الاستشعار ويدخل المجال الالكتروستاتيكي للالكترود فهو يغير من مواسعة Capacitance دائرة المذبذب. وبالتالى يبدأ المذبذب في الذبذبة. تقرأ دائرة البدء مقدار ذبذبة المذبذب وعندما تصل لقيمة محددة تتغير حالة الحساس. كلما تحرك الهدف بعيدا عن الحساس تقل مقدار ذبذبة المذبذب ويعود الحساس لحالته الطبيعية.



شكل ٤٤ علاقة قرب الهدف المعدنى برد فعل دائرة البدء في حساس الاقتراب ذو المكثفات

١١.٢. الهدف المتعارف عليه وثابت العزل الكهربائي:

هناك أهداف متعارف عليها لكل من حساسات الاقتراب ذوى المكثفات. الهدف المتعارف عليه عادة يكون معدنى و/ أو مياه. حساسات الاقتراب ذوى المكثفات تعتمد على ثابت العزل الكهربائي الخاص بالهدف. كلما كبر ثابت العزل الكهربائي لمادة ما كلما كان من الأسهل استشعارها. الرسم التالى يبين العلاقة بين ثابت العزل الكهربائي لهدف وقدرة الحساس على استشعار المادة بناء على مسافة الاستشعار (Sr).



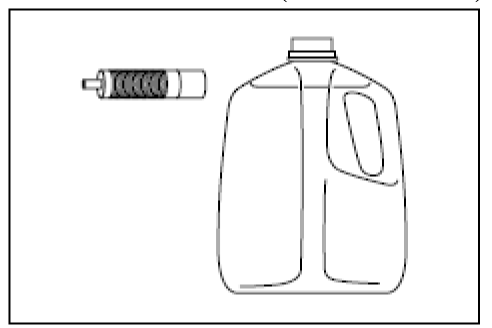
شكل ٤٥ العلاقة بين ثابت العزل الكهربائي وقدرة الحساس على الاستشعار المادة

الجدول التالى يوضح ثابت العزل الكهربائي لبعض المواد. فمثلا لو كان حساس الاقتراب ذو المكثفات ذو مسافة احساس مقدرة ب ١٠ مم وكان الهدف الكحول كانت مسافة الاحساس الفعلية (Sr) حوالى ٨٥% من المسافة المتعارف عليها أو ٨.٥ مم.

ثابت العزل الكهربائي	المادة	ثابت العزل الكهربائي	المادة
٥	بولى أميد	٢٥.٨	كحول
٢.٣	بولى ايثيلين	٣.٦	ارلدايت
٢.٣	بولى بروبولين	٣.٦	باكالايت
٣	بولى ستيرين	٥	زجاج
٢.٩	بولى فينيل كلوريد	٦	ميكا
٤.٤	بورسلين	٤	لدائن صلبة
٤	بريس بورد	٤.٥	رقائق ورقية
٣.٧	سيليكا زجاج	٢.٧	خشب
٤.٥	سيليكا رمل	٢.٥	مركب كابلات
٢.٨	لدائن سليكون	١	هواء
٢	تيفلون	٨	رخام
٢.٢	زيت تربنتين	٤	ورق مدعم بالزيت
٢.٢	زيت ترانسفورمر	٢.٣	ورق
٨٠	مياه	٢.٢	بارافين
٢.٥	لدائن خفيفة	٢.٢	بترول
٣	سليولويد	٣.٢	بليكسى جلاس

١١.٣. الاستشعار خلال فواصل:

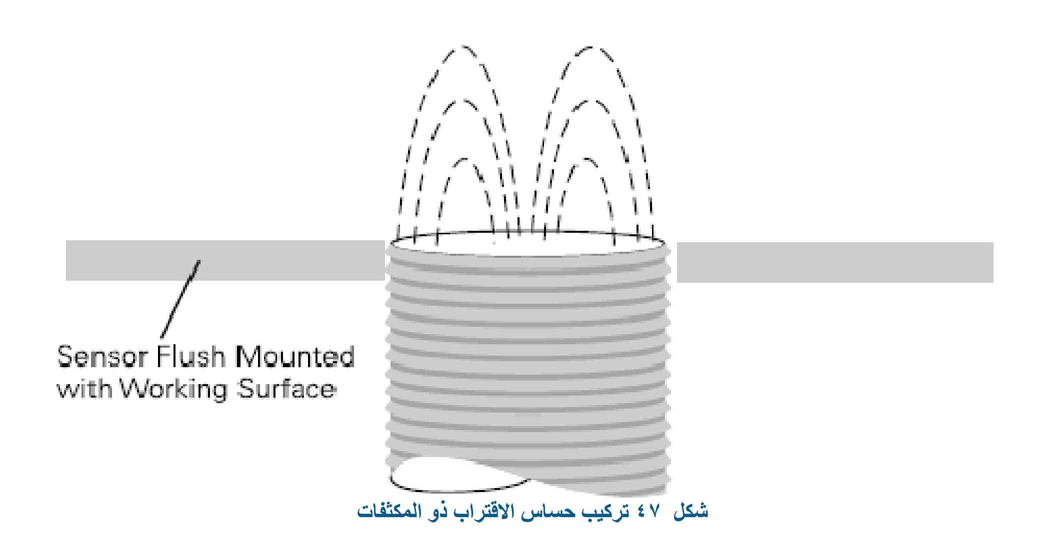
من تطبيقات حساس الاقتراب ذو المكثفات هو مقدار الاستشعار خلال فواصل. فمثلا المياه لها ثابت عزل كهربائي أعلى من البلاستيك مما يعطى الحساس القدرة على (الرؤية من خلال) البلاستيك لاستشعار المياه.



شكل ٤٦ الرؤية من خلال البلاستيك لاستشعار المياه

١١.٤. التغطية للحماية:

جميع حساسات الاقتراب ذوات المكثفات مغطاة للحماية. هذه الحساسات قادرة على استشعار المواد الموصلة مثل النحاس، الالومنيوم، أو السوائل الموصلة وكذلك المواد غير الموصلة مثل الزجاج، البلاستيك، الملابس، والأوراق. الحساسات المغطاة يمكن تركيبها على قاعدة بدون التأثير على خواص الاستشعار الخاصة بها. ويجب مراعاة أن هذا النوع من الحساسات يستخدم في بيئة جافة. إذا وصلت السوائل لسطح الاستشعار يمكنها جعل الحساس يعمل.



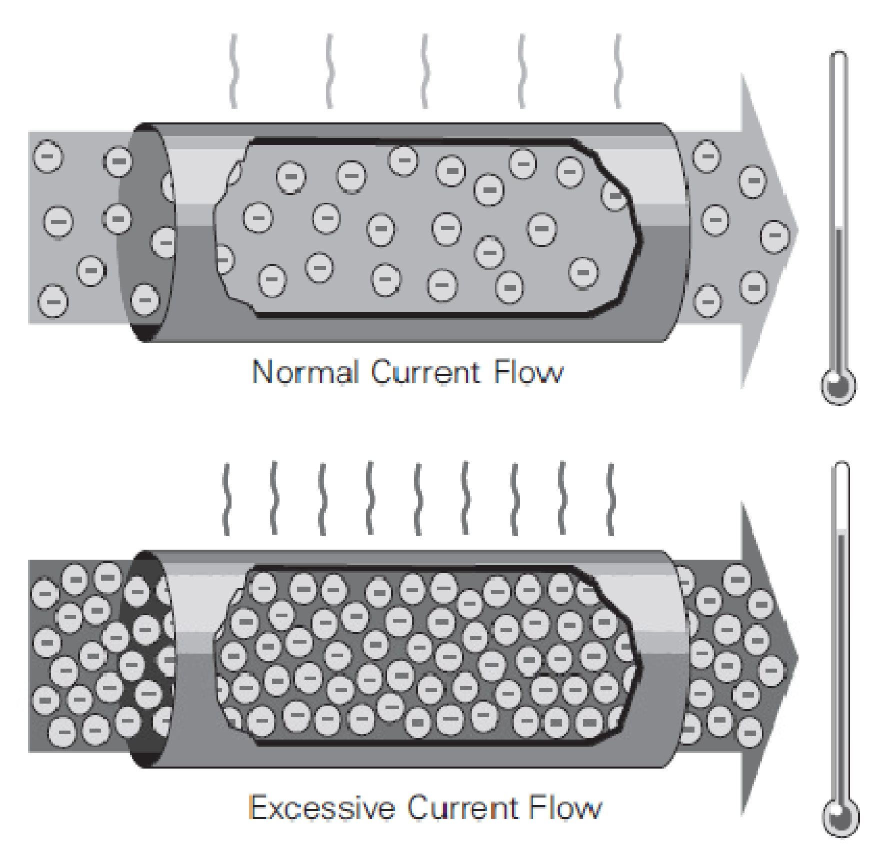
شكل ٤٧ تركيب حساس الاقتراب ذو المكثفات

١٢. الحماية من الأوفرلود:

بعض مجموعات التحكم التى تمت تغطيتها سابقا تم تصميمها لحماية المواتير من الأوفرلود. لفهم هذه المكونات يجب أن نشرح أولا ما هو الأوفرلود وكيف يختلف عن مفهوم Short circuit وهو نوع آخر من حالات ارتفاع التيار عن الحد المسموح به.

١٢.١. التيار ودرجة الحرارة:

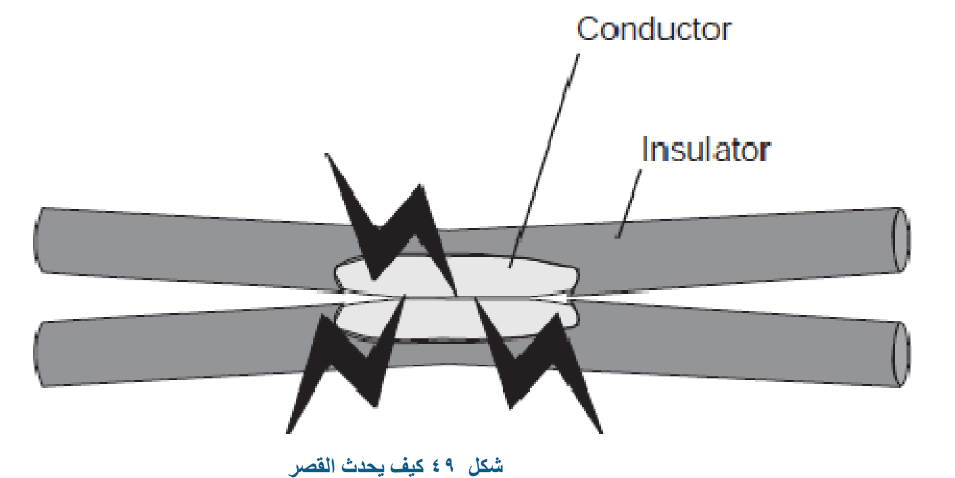
دائما ما تتولد حرارة مع مرور التيار. كمية الحرارة التى تتولد تتناسب طرديا مع كلا من كمية التيار الكهربى المار والمقاومة التى تقابله في مساره. لاحظ أن الموصلات الكهربية يمكن أن تفسد اذا ارتفعت درجة الحرارة عن حد معين خلالها ولهذا فلكل موصل معدل للمرور المستمر للتيار يسمى ampacity.
التيار الزائد عن الحد يسمى overcurrent. وقد يتسبب من short circuit، أوفرلود، أو خطأ تأريض.



شكل٤٨ تولد حرارة مع مرور التيار

١٢.٢. القصر short circuit:

عادة يكون العزل المستخدم لفصل الموصلات مانع للتيار من المرور بين الموصلات. عندما يفسد هذا العزل يحدث short circuit. الشورت سيركت تحدث عند تلامس سلكين غير معزولين وتكون المقاومة بينهما تقترب من الصفر. هذا الانخفاض في المقاومة تتسبب في الارتفاع المطرد للتيار إلى أضعاف التيار الطبيعي المار.

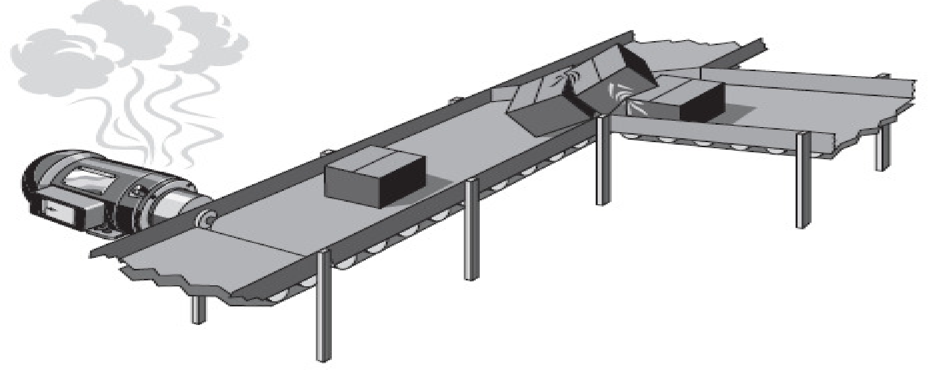


شكل ٤٩ كيف يحدث القصر

لفهم ذلك بصورة أكثر وضوحا اعتبر العلاقة بين التيار والمقاومة والموصفة بقانون أوم. مثلا إذا كان الفولت في الدائرة ٢٤٠ فولت والمقاومة ٢٤ أوم يكون التيار ١٠ أمبير. إذا حدث شورت سيركت تنخفض المقاومة بين الموصلات إلى قيمة صغيرة جدا مثلا ٠.٠٢٤ أوم. مما يسبب ارتفاع التيار بصورة طردية (١٠٠٠٠ أمبير)
درجة الحرارة المولدة نتيجة هذا التيار قد تتسبب في دمار المعدات الموصلة مع الموصلات الكهربية إذا لم يتم مقاطعته لحظيا باستخدام قاطع التيار أو الفيوز.

١٢.٣. الأوفرلود:

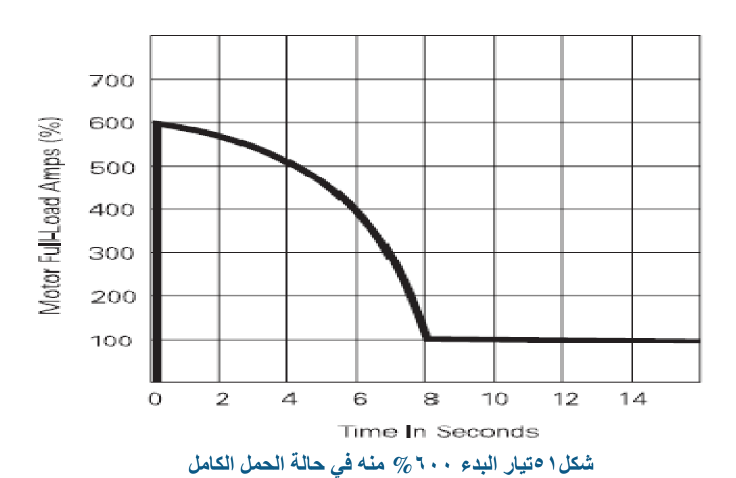
على العكس الأوفرلود يتم فيه ارتفاع التيار بصورة أقل منه في حالة الشورت سيركت. الأوفرلود يحدث عندما يكون هناك العديد من الاجهزة الموصلة على الدائرة الكهربية أو عندما يتم توصيل معدة كهربية بحيث تعمل بمعدل تيار أعلى من المفترض احتماله. مثلا إذا تعطل سير كهربى نتيجة تدافع المنقولات عليه أو خروجها من مسارها سيقوم الموتور الخاص بالسير بسحب تيار كهربى أعلى مرتين أو أكثر من الطبيعي.



شكل ٥٠ أوفرلود على خط الانتاج

في المثال السابق الأوفرلود تولد نتيجة ارتفاع التيار عن الحد المسموح به في الدائرة لفترة كبيرة. في هذه الحالة يجب أن يقوم جهاز الحماية ضد ارتفاع التيار باغلاق عمل الدائرة.
في حالة الأوفرلود لمدة صغيرة يجب ان يختلف رد الفعل حيث انه من غير المرغوب في هذه الحالة اغلاق عمل الدائرة. لفهم هذه النقطة بصورة أوضح اعتبر ما يحدث عند بدء تشغيل موتور. أغلب المواتير عند بداية عملها تسحب كمية كبيرة من التيار عنه في حالة الحمل الكامل. مثلا الموتور المصمم وفقا للمنظمة الوطنية لمصنعى الكهرباء NEMA نظام B مزود بامكانية سحب تيار بدء حوالى ٦ أضعاف التيار المستخدم عند الحمل الكامل. حتى بالنسبة لبعض المواتير ذات الكفاءة العالية قد يكون تيار البدء أكبر من ذلك. إذن فالمواتير مصممة لاحتمال تيار بدء كبير لمدة صغيرة.

عندما يبدأ الموتور في العمل ينخفض التيار المسحوب بسرعة كبيرة. في المثال التالى تيار البدء ٦٠٠% منه في حالة الحمل الكامل. ولكن بعد ٨ ثوانى انخفض الضغط لقيمته في حالة الحمل الكامل.



شكل١ ٥تيار البدء ٦٠٠% منه في حالة الحمل الكامل

١٢.٣.١ الحماية ضد الأوفرلود:

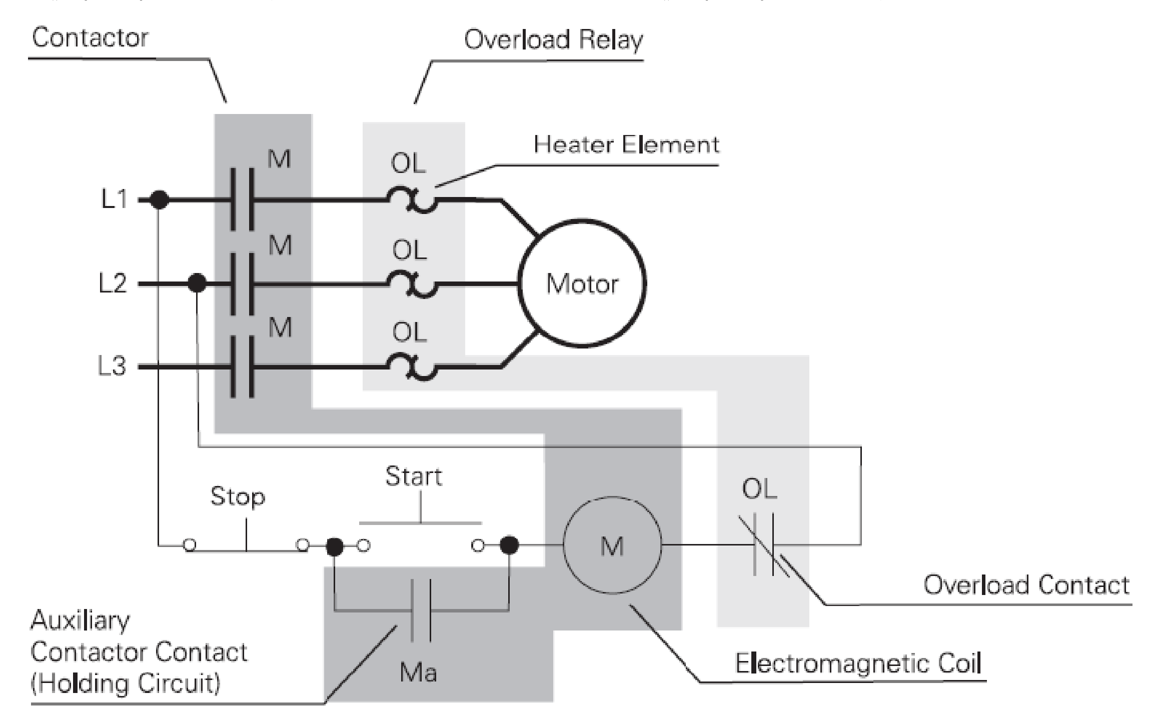
الفيوزات وقواطع التيار مصممة لحماية دوائر التوصيل في حالة الشورت سيركت short circuit أو الأوفرلود. في هذه الحالات تقوم هذه الأجهزة بفتح مسار مرور التيار قبلما يحدث انهيار للموصلات. في دائرة التحكم بموتور ما تكون الموصلات، الفيوزات وقواطع التيار مختارة بما يناسب الدائرة بحيث تسمح بمرور تيار بدء كبير للموتور. ولهذا السبب تكون الحماية من الاوفرلود بواسطة جهاز منفصل كريلاى الأوفرلود.

١٣. بادئ التشغيل:

الكونتاكتورات وريليهات الاوفرلود أجهزة تختلف عن بعضها. عند اتحادهما يسمى بادئ التشغيل لموتور Motor Starter. بوادئ تشغيل المواتير المصنعة طبقا للمواصفات NEMA تسمى NEMA Starters. عندما يكون كونتاكتور بادئ التشغيل قادر على توصيل كامل الجهد الكهربي لموتور يسمى كامل الجهد Full Voltage، Across The Line، Direct Motor Starter.

بعض من بوادئ التشغيل قادرة على عكس اتجاه الموتور بواسطة التحكم في جهد التشغيل (البدء) او التحكم في اثنين من مواتير السرعة. وعلى الرغم من ذلك فإن الأغلب استخداما بين بوادئ تشغيل المواتير مصممة لتشغيل/ ايقاف المواتير وكذلك توفير حماية من الأوفرلود. ريلاى الاوفرلود قد يكون من النوع الحراري Thermal Overload Relay أو من النوع الالكتروني Electronic Overload Relay.

الرسم التالى يبين العلاقة الكهربائية بين الكونتاكتور وريلاى الاوفرلود في دائرة بادئ تشغيل كامل الجهد لموتور Full Voltage Motor Starter Circuit. الكونتاكتور (مظلل في الرسم) يتكون من ملف الكترومغناطيسي (M) في دائرة التزويد بالطاقة، نقاط تحكم احتياطية (Ma) في دائرة التحكم وكذلك نقاط تحكم أساسية (M) في دائرة االتزويد بالطاقة. ريلاى الاوفرلود يتكون من ثلاث نقاط تحكم حرارية (OL) في دائرة التزويد بالطاقة ونقاط تحكم احتياطية (OL)في دائرة التحكم.



شكل٢٥ دائرة بدء التشغيل لموتور ثلاثى الفازات

في هذه الدائرة عند الضغط على زر التشغيل Startيتم توصيل الطاقة للملف وتغلق نقاط التحكم (M) مما يوصل الطاقة للموترو من خلال نقاط الأوفرلود ريلايى (OL). في نفس الوقت تغلق نقاط التحكم (Ma) بحيث عند ترك الضغط على زر التشغيل Start تظل الطاقة واصلة للملف.

يستمر الموتور في الدوران حتى يت مالضغط لعى مفتاح الايقاف Stop الا إذا حدث اوفرلود. إذا حدث أوفرلود تفتح نقاط التحكم (OL) مما يوقف مرور الطاقة للموتور وهو ما يجب علمه لايقاف الموتور من اعادة التشغيل تلقائيا بعدما يبرد ريلاى الاوفرلود.

المنظمة الوطنية لمصنعى الكهرباء (NEMA) وكذلك المجتمع الدولى للكهرباء التطبيقية (IEC) هما منظمتان يقدمان مواصفات الكونتاكتورات، بوادئ تشغيل المواتير، وكذلك أنواع أخرى من مكونات أنظمة التحكم. بينام تذكر NEMA مع الاجهزة المستخدمة في أمريكا الشمالية. بينما تذكر IEC مع الاجهزة المستخدمة في مختلف الدول حول العالم.

١٣.١. مواصفات NEMA:

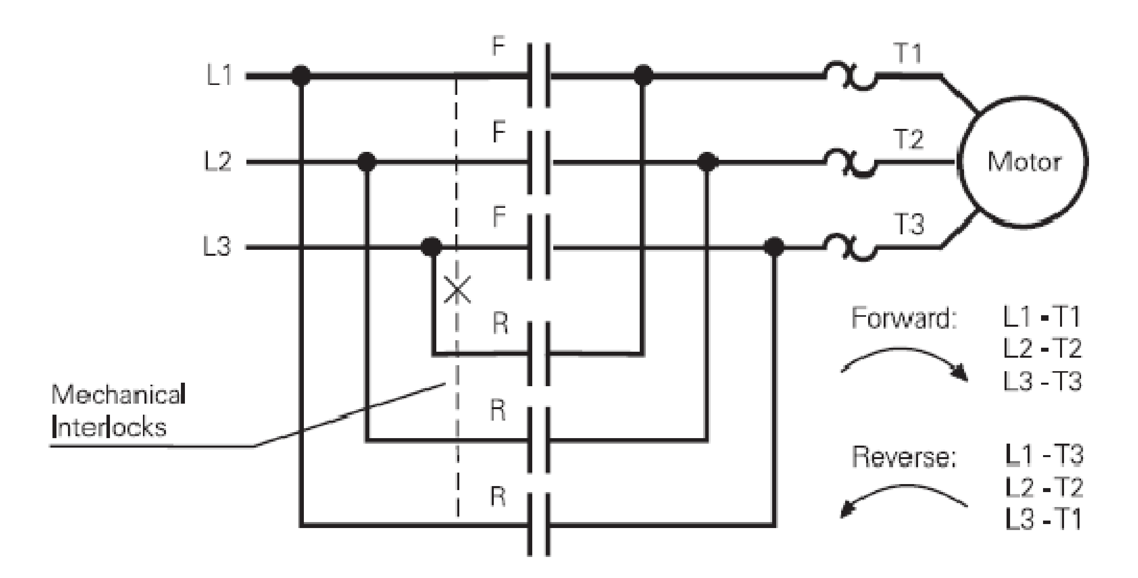
الكونتاكتورات وبوادئ التشغيل مصممة طبقا لحجم ونوع الحمل المصممة لاحتماله. مواصفات NEMAطبقا لأقصى قدرة بالحصان طبقا ل NEMA ICS2. بوادئ تشغيل المواتير والكونتاكتورات المصممة طبقا لمواصفات NEMA يتم اختيار النوع المستخدم في التطبيق منهم بحسب مقاس NEMA ويبدأ من (٠٠) وحتى (٩).

مقاس NEMA	الامبير المستمر	HP 230 VAC	HP 460 VAC
٠٠	٩	١	٢
٠	١٨	٣	٥
١	٢٧	٥	١٠
٢	٤٥	١٥	٢٥
٣	٩٠	٣٠	٥٠
٤	١٣٥	٥٠	١٠٠
٥	٢٧٠	١٠٠	٢٠٠
٦	٥٤٠	٢٠٠	٤٠٠
٧	٨١٠	٣٠٠	٦٠٠
٨	١٢١٥	٤٥٠	٩٠٠
٩	٢٢٥٠	٨٠٠	١٦٠٠

اجهزة التحكم في المواتير المصممة وفقا للمواصفات NEMA أصبحت من المتعارف عليها بشكل كبير لأنها تصميمها يتحمل الشغل الشاق. الكونتاكتورات وبوادئ التيار التى تعمل وفقا للمواصفات NEMA يمكن استخدامها في أى تطبيق مع اختلالاف تعقيدات كل تطبيق. لاختيار بادئ تشغيل طبقا لمواصفات NEMA لموتور ما ستحتاج لمعرفة قدرة الموتور بالحصان وجهد تشغيله بالفولت فقط. على الرغم من ذلك اذا زاد التعقيد في طريقة الحركة المطلوبة من الموتور الذي سيتم تشغيله يمكن تغيير الاختيار طبقا ل NEMA وكأن القدرة المطلوبة أعلى.

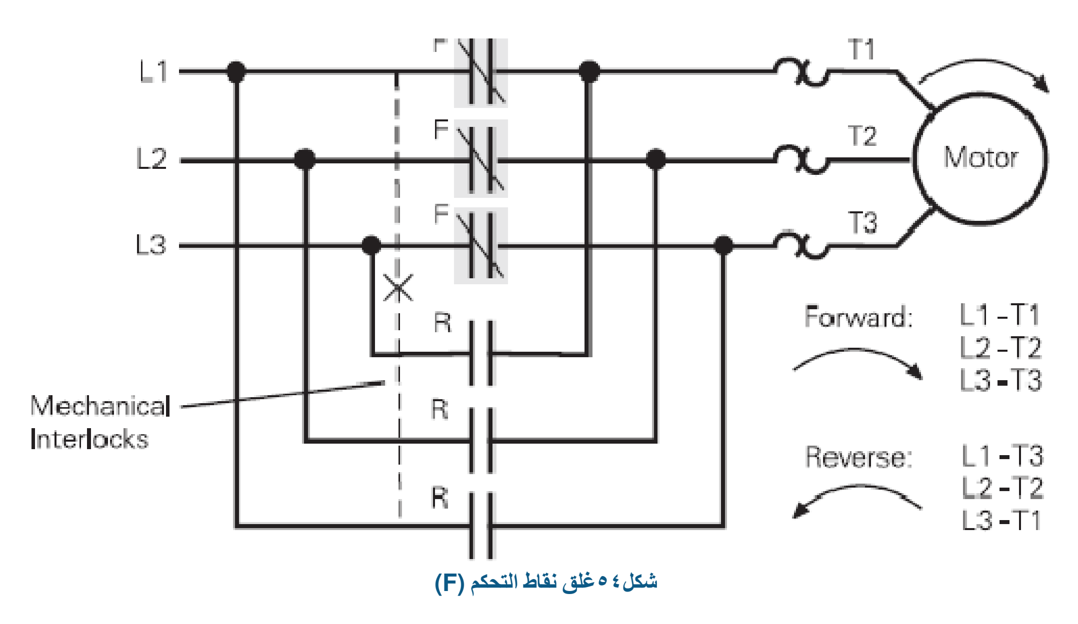
١٣.٢. بوادئ التشغيل عاكسة الحركة:

الكثير منالتطبيقات تحتاج أن يعمل الموتور في أى من الاتجاهين. اتجاه دوران الموتور يتغير بتغيير اتجاه سريان التيار خلال الملفات. يتم عمل ذلك في الموتور ثلاثى الفازات بتغيير اتجاه أى اثنين من أطراف الموتور الثلاثة. غلابا يتم عكس T1, T2. الرسم التالى يوضح دائرة عكس الاتجاه لموتور ثلاثى الفازات وبه عدد (١) مجموعة من نقاط التحكم في الاتجاه الأمامى (F) والتى يتم التحكم بها عن طريق الكونتاكتور (F) وكذلك عدد (١) مجموعة من نقاط التحكم في الاتجاه العكسى (R) والتى يتم التحكم بها عن طريق الكونتاكتور (R).



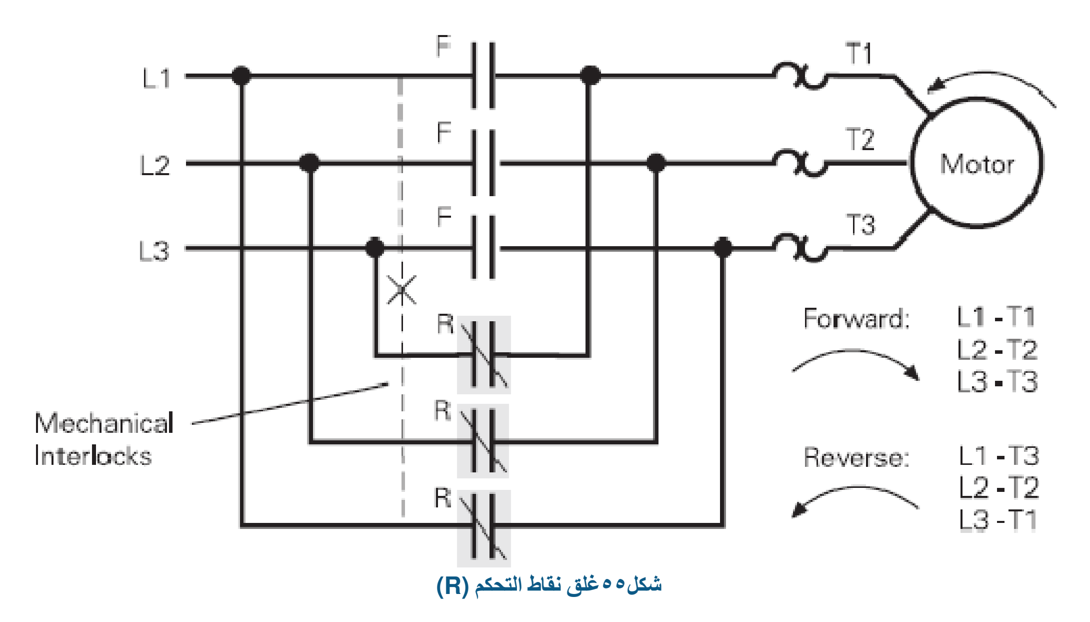
شكل ٣٥ دائرة عكس الاتجاه لموتور ثلاثى الفازات

عندما تغلق نقاط التحكم (F) يمر التيار خلال الموتور مما يجعله يدور في اتجاه عقارب الساعة.



شكل ٥٤ غلق نقاط التحكم (F)

عندما تفتح نقاط التحكم (F) وتغلق نقاط التحكم (R) يمر التيار خلال الموتور في الاتجاه العكسى مما يجعله يدور في عكس اتجاه عقارب الساعة. الحماية (انترلوك) تمنع تشغيل كلا من دائرتى الاتجاهين المعاكسين في نفس الوقت.



شكل ٥ ٥ غلق نقاط التحكم (R)

١٣.٣. بوادئ التشغيل ذات الأحمال العالية ثنائية السرعة:

سرعة التشغيل المفترضة لموتور حتى ثلاثى الفازات ترتبط بتردد المصدر وعدد الاقطاب. تقدر هذه السرعة بعدداللفات في الدقيقة RPM الخاصة بالمجال المغناطيسي للموتور.

فمثلا الموتور رباعى الاقطاب على خط مصدر متردد للطاقة تردده ٦٠ هرتز له سرعة مفترضة ١٨٠٠ لفة/دقيقة.

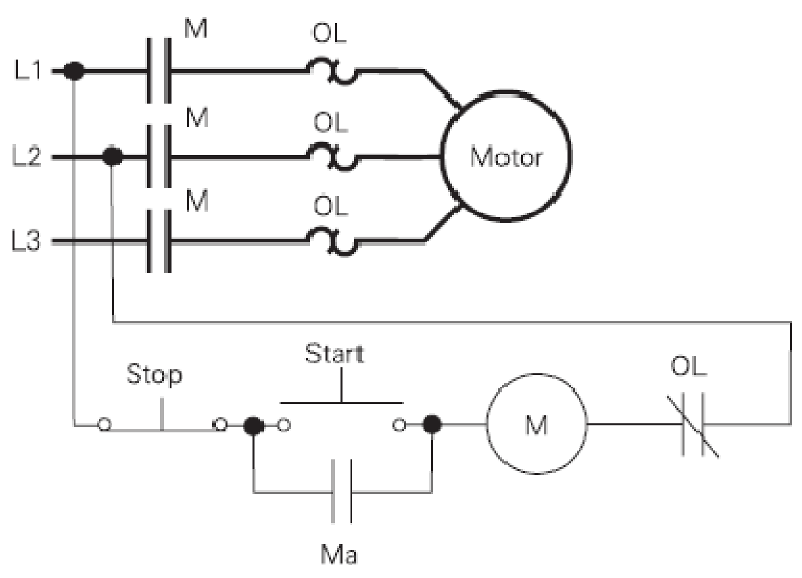
لموتور حتى ثلاثى الفازات، السرعة الحقيقية للجزء الدورانى دائما أقل من السرعة المفترضة وذلك نتيجة الانزلاق Slip. تصميم الموترو وقيمة الحمل تحدد نسبة الانزلاق. فمثلا لموتور طبقا لمواصفات NEMA B والذي له سرعة مفترضة ١٨٠٠ لفة/دقيقة سيكون له سرعة ١٦٥٠ إلى ١٧٥٠ لفة/ دقيقة عند الحمل الكامل.
عندما يتطلب التطبيق علم المواتير عند سرعات مختلفة تتغير مواصفات الموتور مع السرعة. ولذلك الاختيار السليم للموتور مع التطبيق مهمة حساسة. هناك ثلاث تصنيفات للتطبيقات متعددة السرعات: ثابتة العزم، متغيرة العزم، ثابتة القدرة.

- التطبيقات ثابتة العزم (CT): تحتاج عزم ثابت عند التشغيل لكل السرعات. تتغير القدرة بالحصان مع تغير السرعة. فمثلا الكثير من تطبيقات سيور الحركة تحتاج عزم ثابت.
- التطبيقات متغيرة العزم (VT): غالبا لها عزم أحمال يتناسب طرديا مع مربع السرعة ومن أمثلتها المراوح البلاورات والطلمبات المركزية.
- التطبيقات ثابتة القدرة (CHT): تثبت القدرة عند جميع السرعات مع تغيير العزم عكسيا مع السرعة. من التطبيقات المثاقب، المخارط، الفريزة، ماكينة الثنى والمكابس.

هناك نوعان للمواتير الحثية الخاصة بالتحكم ثنائي السرعات باستخدام بوادئ تيار مغناطيسية وهما: المواتير ذوات الملفات المنفصلة، والمواتير ذوات الاقطاب المتلاحقة. المواتير ذوات الاقطاب المتلاحقة والذين لهم سرعتان على ملف واحد يحتاجوا بادئ تشغيل والذي يعيد توصيل أطراف الموتور لنصف عدد الاقطاب الفعالة للموتور للحصول على سرعة تشغيل عالية.
ولهذا النوع من المواتير: السرعة البطيئة تساوى نصف السرعة العالية.
المواتير ذوات الملفات المتلاحقة لها ملف لكل سرعة و توفر سرعات مختلفة أكثر لأن السرعة البطيئة لا يجب ان تكون نصف السرعة العالية و كل سرعة لها بادئ تشغيل.

١٣.٤. بدء التشغيل للجهد الكامل:

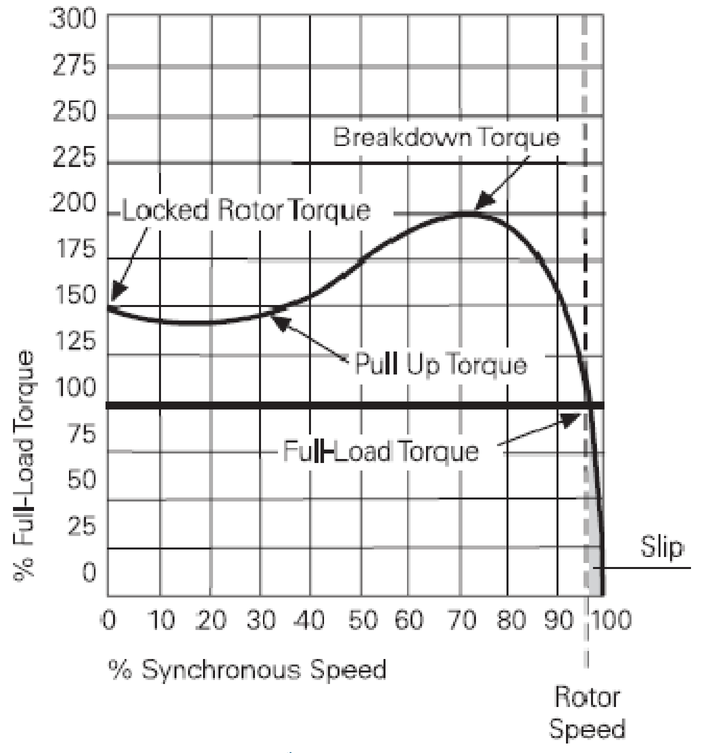
كل بوادئ تشغيل المواتير التى سبق دراستها هى مواتير جهد كامل و هى الاكثر شيوعا. لأن التكلفة المبدئية للمكونات قليلة. ويسمى بادئ تشغيل الجهد الكامل أيضا بادئ تشغيل عبر الخط الرئيسي Across the Line Starter. لأنه يقوم بتشغيل الموتور بتوصيل الجهد الكامل.



شكل٦٥بدء تشغيل الجهد الكامل

عندما يتم تشغيل موتور بواسطة الجهد الكامل. يكون تيار البدء حوالى ٦٠٠% من التيار في حالة الحمل الكامل للموتور الحثى ثلاثى الفازات وحوالى ١٢٠٠% من التيار في حالة الحمل الكامل للمواتير العالية الكفاءة. تيار البدء الكبير الذي سبق دراسته يسبب تقلبات في القدرة والتى تؤثر على الاجهزة الاخرى. وكنتيجة لذلك، الكثير من شركات الطاقة تستخدم تقليل جهد البدء للمواتير العالية القدرة.
المشكلة الاخرى لجهد البدء الكلى هى العزم الكبير والذي يتولد عند توصيل الطاقة في البداية للموتور. كما يظهر في الشكل التالى منحنى السرعة/ العزم لمواتير صممت طبقا للمواصفات NEMA B ويسمى العزم في بداية التشغيل أيضا عزم غلق الاجزاء الدورانية في الموتور وه ويقارب ١٥٠% العزم في حالة الحمل الكامل. بالاضافة لذلك، قد يزيد العزم إلى ١٧٥ – ٢٠٠% منه في حالة الحمل الكامل وذلك حينما يكون الموتور متسارعا.





شكل٥٧ منحنى السرعة/ العزم

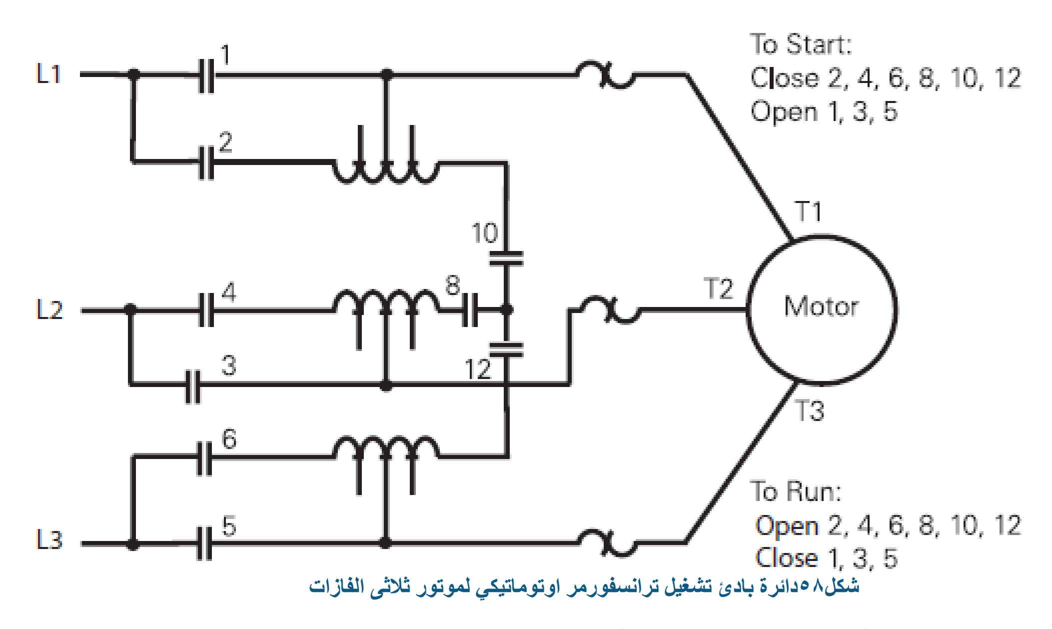
الكثير من التطبيقات تتطلب أن يكون عزم البدء متدرجا. فمثلا التطبيقات التى تحتوى على السير الذي يعمل بالحزام belt type conveyor غالبا ما تتطلب أن يكون عزم التشغيل متدرجا لمنع الانزلاق والكبس. وكذلك في أى تطبيق يتطلب البدء المتلاحق كلما زاد عزم التشغيل الابتدائي مع الوقت يكون السبب في تكلفة أعلى للصيانة سببب تكرار الصدمة الميكانيكية.

١٣.٥. بدء التشغيل بجهد أقل:

يعنى بدء تشغيل الموتور بجهد أقل من جهد التشغيل الطبيعي ويزداد الجهد مع السرعة. ويستخدم حينما يكون من الواجب الحد من تيار البدء و/ أو العزم الابتدائي لموتور. وهناك العديد من الطرق لتقليل جهد التشغيل.
الأنواع التالية من بوادئ التشغيل بجهد أقل طبقا للمواصفات NEMA: بادئ تشغيل تراسفورمر أوتوماتيكي، بادئ تشغيل اجزاء الملفاتPart-Winding Starter، وبادئ تشغيل ستار دلتا. وكذلك من المتوافر بوادئ التشغيل بجهد أقل في الحالة الصلبة والتى يطلق عليها بوادئ تشغيل بسيطة Soft Starter.

١٣.٥.١. بدء التشغيل بجهد أقل:

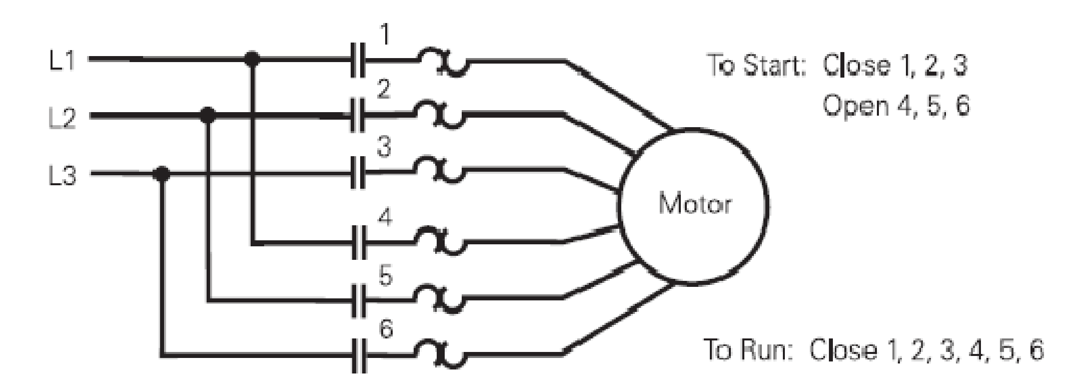
أحد الأنواع الأساسية من بوادئ التشغيل بجهد أقل هو بادئ التشغيل التراسفورمر الأوتوماتيكي. وهو يوفر عزم ابتدائى كبير لكل أمبير من التيار الرئيسي وغالبا يستخدم للتطبيقات عندما يجب أن يقل تيار البدء مع المحافظة على عزم ابتدائي جيد.
بوادئ التشغيل التراسفورمر الأوتوماتيكي لها مقابض قابلة للضبط لضبط جهد التشغيل بحيث يقل كنسبة من الجهد الكامل.
تعتبر المراوح، سيور الحركة، ضواغط الهواء، والخلاطات من التطبيقات المتعارف عليها لبوادئ التشغيل الترانسفورمر الأوتوماتيكي.



شكل٥٨دائرة بادئ تشغيل ترانسفورمر اوتوماتيكي لموتور ثلاثى الفازات

١٣.٥.٢ بادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل:

بوادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل تستخدم مع المواتير التى لها مجموعتين من الملفات منفصلتين على الجزء الثابت للموتور. أحد بوادئ التشغيل تتطلب استخدام المجموعة الأولى من الملفات عند تشغيل الموتور. هذه الملفات تستهلك حالوى ٦٥ – ٨٥% من تيار الغق للأجزاء الثابتة. بعد فترة زمنية يقوم بادئ تشغيل آخر بالعمل وبالتالى تكون المجموعة الثانية من الملفات تعلم في نفس الوقت مع المجموعة الأولى.



شكل٥٩دائرة بادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل لموتور ثلاثى الفازات

بوادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل هى الأقل تكلفة بين أنواع بوادئ التشغيل بجهد أقل كما تستخدم دائرة تحكم أبسط. ولع بالرغم من ذلك تحتاج تصميم خاص للموتور و هى ليست مناسبة للأحمال ذوات القصور الذاتى العالى و لا يمكن عمل ضبط للتيار أو العزم بها.

١٣.٥.٣. بوادئ التشغيل واى دلتا:

بوادئ التشغيل من النوع واي دلتا يمكن استخدامها مع المواتير التى ملفاتها غير متصلة داخليا وجميع الستة اطراف يمكن توصيلها خارجيا. اذا تم التوصيل بطريقة واى، يبدأ الموتور في العمل باستخدام تيار أصغر عنه في حالة لو كانت ملفات الموتور متصلة بطريقة دلتا. بعد فترة زمنية نقاط التحكم الخاصة ببادئ التيار تتيغر حالتها لتوصيل الأجزاء الثابتة من الموتور بطريقة دلتا مما يزيد الجهد المتولد على كل ملف. هذا النوع من بوادئ التيار هو اختيار جيد للتطبيقات التى تحتاج تشغيل متكرر، عزم بدء صغير أو فترات تسارع طويلة.